atbalsts izcilībai

MĀCĪBU PRIEKŠMETU OLIMPIĀŽU
UZDEVUMU UN TO RISINĀJUMU KRĀJUMS

Fizika

RĪGA 2021

Valsts izglītības satura centrs
NACIONĀLAIS ATTĪSTĪBAS PLĀNS 2020
EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Sociālais fonds
IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

Mācību priekšmetu olimpiāžu uzdevumu un to risinājumu krājums ir izstrādāts Valsts izglītības satura centra projekta "Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu attīstībai"
(projekta Nr. 8.3.2.1/16/I/002)
ietvaros un aptver mācību priekšmetu olimpiādēs izstrādāto saturu no 2017. līdz 2020. gadam.

Autoru kolektīvs:

Ludmila Belogrudova
Jānis Cīmurs
Inese Dudareva
Vjačeslavs Kaščejevs
Paulis Paulins

Tehniskais redaktors:
Mārtiņš Opmanis

© Valsts izglītības satura centrs, 2021
ISBN 978-9934-24-055-3

Izcilība ir personības iezīme, kas attīstās ilgā darbā, izkopjot savas prasmes un zināšanas. Domājot par sasniegumiem, jāņem vērā arī zināšanu dziļums, kas sekmējis šo izcilo sniegumu ne tikai valsts, bet arī starptautiskā mērogā.

Mācību priekšmetu olimpiādes ir patiesi godīga sacensība starp zinošākajiem un izturīgākajiem skolēniem – tiem, kas nepadodas grūtībām, rod iedvesmu un meklē aizvien jaunākus un radošākus risinājumus. Gadi pierādījuši, ka olimpiāžu laureāti un dalībnieki veido talantīgu, kā arī konkurētspējīgu Latvijas zinātnes un uzņēmējdarbības paaudzi ar iespējām radīt nozīmīgas inovācijas un rast risinājumus sabiedrības dzīves kvalitātes uzlabošanai.

Valsts izglītības satura centra vārdā vēlu visiem skolēniem un viņu pedagogiem iedvesmu, aizrautību un izaicinājumu, risinot šo olimpiāžu krājumu uzdevumus.

Līga Lejiņa
Valsts izglītības satura centra vadītāja

Saturs

Ievads 6
Fizikas olimpiādes Latvijā 6
Fizikas olimpiāžu uzdevumi 7
Metodiskais materiāls 8
Uzdevumi 9
2016./2017. mācību gads – Latvijas 67. fizikas olimpiāde 9
Novada olimpiāde – 2017 9
9. klase 9
10. klase 16
11. klase 23
12. klase 30
Valsts olimpiāde – 2017 39
9. klase 39
10. klase 44
11. klase 50
12. klase 58
2017./2018. mācību gads – Latvijas 68. fizikas olimpiāde 65
Novada olimpiāde – 2018 65
9. klase 65
10. klase 73
11. klase 82
12. klase 89
Valsts olimpiāde – 2018 98
9. klase 98
10. klase 105
11. klase 111
12. klase 117
2018./2019. mācību gads – Latvijas 69. fizikas olimpiāde 126
Novada olimpiāde – 2019 126
9. klase 126
10. klase 133
11. klase 143
12. klase 149
Valsts olimpiāde – 2019 157
9. klase 157
10. klase 162
11. klase 167
12. klase 172
2019./2020. mācību gads – Latvijas 70. fizikas olimpiāde 179
Novada olimpiāde – 2020 179
9. klase 179
10. klase 189
11. klase 197
12. klase 205
Valsts olimpiāde – 2020 215
9. klase 215
10. klase 221
11. klase 225

12. klase ... 230
Atrisinājumi un skaidrojumi ... 237
2016./2017. mācību gads – Latvijas 67. fizikas olimpiāde ... 237
Novada olimpiāde – 2017 ... 237
9. klase ... 237
10. klase ... 245
11. klase ... 254
12. klase ... 262
Valsts olimpiāde – 2017 ... 271
9. klase ... 271
10. klase ... 282
11. klase ... 297
12. klase ... 312
2017./2018. mācību gads – Latvijas 68. fizikas olimpiāde ... 328
Novada olimpiāde – 2018 ... 328
9. klase ... 328
10. klase ... 338
11. klase ... 349
12. klase ... 358
Valsts olimpiāde – 2018 ... 369
9. klase ... 369
10. klase ... 383
11. klase ... 399
12. klase ... 410
2018./2019. mācību gads – Latvijas 69. fizikas olimpiāde ... 426
Novada olimpiāde – 2019 ... 426
9. klase ... 426
10. klase ... 434
11. klase ... 444
12. klase ... 453
Valsts olimpiāde – 2019 ... 463
9. klase ... 463
10. klase ... 475
11. klase ... 489
12. klase ... 504
2019./2020. mācību gads – Latvijas 70. fizikas olimpiāde ... 519
Novada olimpiāde – 2020 ... 519
9. klase ... 519
10. klase ... 528
11. klase ... 543
12. klase ... 553
Valsts olimpiāde – 2020 ... 562
9. klase ... 562
10. klase ... 570
11. klase ... 580
12. klase ... 590

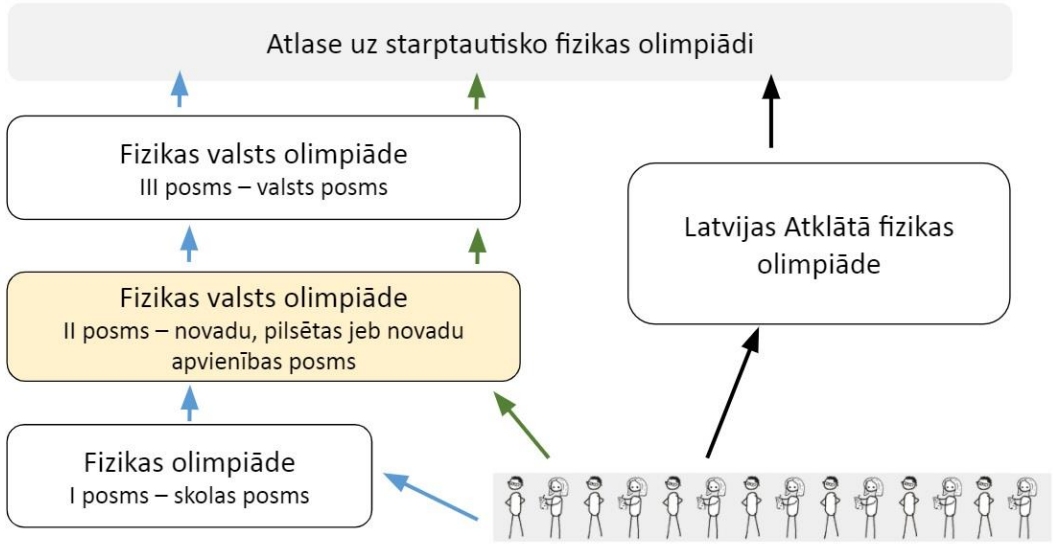
Ievads

"When studying science, the examples are more useful than the rules"
Isaac Newton

"Studējot zinātni, piemēri ir noderīgāki nekā likumi."
Īzaks Ņūtons

Fizikas olimpiādes Latvijā

Fizikas olimpiādes Latvijā notiek kopš 1950. gada. Olimpiādēs piedalās 9. – 12. klašu izglītojamie, to organizēšanas sistēma shematiski parādīta 1. attēlā:



1. att.

Olimpiādes organizē Valsts izglītības satura centrs, kopš 2008. gada organizēšanā aktīvi iesaistās arī Latvijas Universitātes Fizikas nodaļas mācībspēki. Tieši pēc LU Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultātes mācībspēku iniciatīvas kopš 2011. gada fizikas olimpiādes otrais posms norisinās tiešsaistē. Katru gadu fizikas olimpiāžu otrajā posmā piedalās vairāk nekā divi tūkstoši skolēnu. Skolēniem tiek piedāvāti trīs lielie uzdevumi, katrs no tiem tiek vērtēts ar desmit punktiem. Katrs uzdevums sastāv no vairākiem jautājumiem, skolēniem ir jāievada atbildes kā skaitliskās vērtības tām paredzētajos lauciņos vai arī jāizvēlas viena vai vairākas atbildes no piedāvātajiem variantiem. Lai mazinātu iespējamo aprēķinos pieļauto kļūdu ietekmi uz dalībnieka kopējo sniegumu, otrajā posmā gandrīz vienmēr katrs jautājums tiek vērtēts ar vienu punktu un jautājumu nosacījumi tiek formulēti tādā veidā, lai uz katru no tiem varētu atbildēt neatkarīgi no pārējiem. Olimpiādes otrā posma ilgums ir trīs stundas. Uzreiz pēc darba iesniegšanas katrs skolēns redz savus punktus. Aptuveni stundas laikā pēc olimpiādes, kad ir reģistrētas visas atbildes, olimpiādes vietnē skolēni var redzēt punktu sadalījumu un maksimālo iegūto punktu skaitu katrā klašu grupā, kā arī savu provizorisko pozīciju starp visiem atbilstošās klases grupas dalībniekiem. Pēc olimpiādes norises dalībnieki un viņu skolotāji tiek aicināti apspriest olimpiādes uzdevumus, atbildes un rezultātus forumā olimpiādes vietnē http://edu.lu.lv. Katru gadu šajā forumā izvēršas karstas diskusijas par dažādiem jautājumiem, balstoties uz kurām dažreiz tiek koriģēti uzdevumu nosacījumi un atbilžu vērtējumi. Šīs diskusijas ir ļoti vērtīgas, jo tās ļauj paskatīties uz jautājumiem dažādos griezumos un sekmē gan dalībnieku iedziļināšanos fizikā un argumentēšanas prasmes, gan uzdevumu autoru profesionālo izaugsmi. Oficiālie otrā posma rezultāti un uz trešo posmu uzaicināto

skolēnu saraksti tiek paziņoti piecu darba dienu laikā kopš olimpiādes norises, balstoties uz olimpiādes žūrijas un rīcības komisijas lēmumu.

Sastādot olimpiādes uzdevumus, autoriem jāpieturas pie fizikas olimpiādes programmas, kas ir pieejama olimpiādes vietnē un regulāri tiek atjaunota. Otrā posma olimpiādes programma balstās uz Valsts izglītības satura centra vietnē publicēto fizikas pamatizglītības un vispārējas vidējās izglītības programmu paraugiem, bet trešā posma programmā ir iekļautas arī tēmas, kas var pārsniegt vidusskolas fizikas kursa saturu. Tas ir saistīts ar to, ka viens no trešā posma mērķiem ir atlase starptautiskajām sacensībām, tātad šī posma olimpiādes programma tiek sastādīta, ņemot vērā arī Starptautiskās fizikas olimpiādes (*International Physics Olympiad – IphO*) vadlīnijas.

Uz trešo posmu, kas parasti norisinās divās dienās pavasarī, tiek aicināti 25-35 otrā posma labāko rezultātu ieguvēji katrā klašu grupā. Trešais posms norisinās klātienē, dalībniekiem jātiek galā ar trīs teorijas uzdevumiem, jāveic viens eksperiments un jāizskaidro viens demonstrējums. Kopējais uzdevumu pildīšanas laiks ir piecas stundas. Darbus vērtē žūrija, kuras sastāvā ir fizikas skolotāji, Latvijas Universitātes akadēmiskais personāls un studenti. Rezultāti tiek paziņoti otrajā olimpiādes dienā, tajā pašā dienā notiek arī laureātu apbalvošana un treniņizlases komplektēšana starptautiskajām sacensībām. Jāpiebilst, ka, komplektējot treniņizlasi starptautiskajām sacensībām, ņem vērā arī Atklātās fizikas olimpiādes rezultātus. Treniņizlases dalībniekiem tiek organizētas nodarbības, kuras vada fiziķi un zinātnieki gan no Latvijas, gan no citām valstīm. Kā pēdējais atlases posms pirms Starptautiskās fizikas olimpiādes un Eiropas fizikas olimpiādes kalpo Ziemeļvalstu-Baltijas valstu fizikas olimpiāde, kurā parasti piedalās ap desmit Latvijas skolēni, pieci no tiem iegūst tiesības pārstāvēt Latviju pasaulē prestižākajās fizikas sacensībās – Starptautiskajā fizikas olimpiādē.

Fizikas olimpiāžu uzdevumi

Kā top fizikas olimpiāžu uzdevumi, kas tos sastāda un kādiem kritērijiem jāatbilst uzdevumam, lai tas kvalificētos kā labs olimpiādes uzdevums? Starp uzdevumu autoriem ir augstskolu profesori, zinātnieki, pat studenti – svarīga ir uzdevuma kvalitāte un ideja, nevis autors. Fizikas olimpiādes gadu gaitā ir attīstījušās par ļoti svarīgu sadarbības instrumentu starp vidusskolu un augstskolu, izaicinājums izdomāt interesantus un skolēniem vērtīgus uzdevumus iedvesmo pasniedzējus un studentus ikdienas studiju un pētniecības darbā, jo pēc savas būtības izcilākie fiziķi ne ar ko neatšķiras no skolēniem, kas piedalās olimpiādēs – viņiem arī ļoti patīk risināt fizikas uzdevumus! Savukārt, skolēni caur olimpiāžu uzdevumiem gūst lielāku priekšstatu par mūsdienu zinātnes pētījumiem un tajos izmantotajām metodēm.

Jebkurš, kas kaut reizi ir mēģinājis sastādīt olimpiādes uzdevumu, saprot, ka tas nemaz nav tik vienkārši. Uzdevumam jābūt interesantam, lai sekmētu skolēna zinātkāri un iedziļināšanos fizikā, un izglītojošam, lai nestu labumu un ieguldījumu turpmākajā fizikas apguvē. Vēlams, ka uzdevuma risināšanā jāintegrē zināšanas no dažādām fizikas tēmām. Skaidrs, ka nepietiek ar uzdevuma sastādīšanu – autoriem jāpiedāvā arī risinājums, eksperimentālās kārtas uzdevumiem jāiesniedz mērījumu būtības un rekomendējamo metožu teorētiskais pamatojums. Pēc uzdevumu un to risinājumu iesniegšanas olimpiādes rīcības komisijai tie tiek novirzīti uz ārējo ekspertīzi, ko veic zinātnieki. Ekspertīzes mērķis ir veikt uzdevuma pilnu analīzi, noteikt tā oriģinalitāti, norādīt uz trūkumiem un to novēršanas veidiem, pārbaudīt atbilstību olimpiādes programmai. Vienu un to pašu problēmu var formulēt dažādi, gan sekmējot domāšanu īstajā virzienā, gan apgrūtinot pareizās risinājuma pieejas meklēšanu, tāpēc, balstoties uz recenzentu ieteikumiem, nereti uzdevumi tiek pārformulēti. Tātad uzdevuma un tā risinājuma gala formulējums top vairāku iesaistīto pušu – autors, rīcības komiteja, ārējie eksperti – kopdarba rezultātā, un autoriem jāiegulda liels darbs, lai no uzdevuma idejas novestu to līdz skolēniem olimpiādē piedāvātajam variantam. Vairāku gadu garumā aktīvi olimpiāžu organizēšanā, uzdevumu sastādīšanā un recenzēšanā piedalās:

- klašu grupu vadītāji: LU FMOF asoc.profesors Ģirts Barinovs, docents Jānis Cīmurs, docents Ivars Driķis, asoc.prof. Sandris Lācis, pētnieks Andrejs Sabanskis, viesdocents Andris Guļāns.
- uzdevumu autori – LU FMOF pētnieks Kirils Surovovs, docents Jānis Cīmurs, docente Inese Dudareva, pētnieks Andrejs Sabanskis, studiju metodiķis Paulis Paulins, docents Ivars Driķis, pētnieks Artūrs Mozers, LU CFI vadošais pētnieks Dmitrijs Bočarovs, LU ASI pētnieks Artūrs Ciniņš, Dr.phys. Jānis Timošenko (US, Vācija), Rūdolfs Treilis (UK), LU FMOF doktoranti un studenti – Ilva Cinīte, Mārtiņš Klevs, Kristaps Križmanis, Kristaps Kacars, Elīna Neilande, Aleksandrs Sorokins, Dāvis Zavickis, Valts Krūmiņš, Elīna Pavlovska, Agnese Spustaka, Gints Bauda, Arnis Katkevičs, Daniels Krimans, Jānis Ratnieks, Elīna Potaņina.
- ārējie eksperti – Dmitris Docenko (Izraēla), Jānis Timošenko (ASV, Vācija), Matīss Plāte (Vācija), Artis Svilāns (Zviedrija), Evija Locāne (Zviedrija), Vjačeslavs Kaščejevs (Latvija), Andrejs Timuhins (Latvija).

Metodiskais materiāls

Kāds ir visefektīvākais veids, kā iemācīties risināt kompleksās problēmas? Vienkārši darīt to! Bet ja nesanāk? Tad jāsāk ar iepazīšanos ar risināšanas piemēriem, lai saprastu, kā tad tas tiek darīts. Un lai Tevi nemulsina tas, ka Tu ej cauri gataviem atrisinājumiem, nevis risini pats – galvenais nosacījums, lai saprastu fiziku, ir gribēt to izdarīt, un noteikti pienāks brīdis, kad Tev izdosies pārsteigt pat sevi pašu, izmēģinot un pierādot savus spēkus! Lai atbalstītu tevi šajā aizraujošajā ceļojumā, ir tapis šīs materiāls. Tajā ir apkopoti 2017.–2020. g. fizikas olimpiāžu otro un trešo posmu uzdevumi ar detalizētiem atrisinājumiem. Kā risināt materiālā piedāvātos uzdevumus? Vispirms centies katru uzdevumu izpildīt patstāvīgi. Ja nesanāk, izlasi uzvedinošos jautājumus un padomā vēlreiz! Ja tomēr neizdodas tikt pie pareizās atbildes, izlasi atrisinājumu.

Uzdevumu jautājumus iespējams lietot arī ikdienas mācību procesā. Lai skolotājam vieglāk ir piemeklēt jautājumus atbilstoši stundas tēmai, katra uzdevuma beigās pieejama informācija par to, kādas zināšanas un prasmes nepieciešamas, lai atbildētu uz jautājumiem un nonāktu pie atrisinājumiem, kā arī kādā līmenī ir jāveic darbības atbilstoši kognitīvo darbību dziļumam pēc SOLO (*Structure of observed learning outcome*) taksonomijas:

SOLO	Darbības (Big & Collis, 1982)
I	Definē, identificē, veic vienkāršu darbību (atsevišķs elements)
II	Definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē (vairāki atsevišķi elementi)
III	Salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, klasificē, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas, pielieto, formulē jautājumus (savstarpēja saistība)
IV	Izvērtē, teoretizē, vispārina, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē (paplašināta abstrakcija)

Jautājumiem, kas pēc SOLO taksonomijas tiek klasificēti kā 3. un 4. līmenis, ko raksturo dziļa mācīšanās – spēja konstruēt zināšanas, sasaistot jaunās idejas ar iepriekš zināmo, vispārināt, analizēt, pārnest zināšanas un prasmes uz nezināmām situācijām, – pirms atrisinājumiem tiek piedāvāti uzvedinošie padomi un jautājumi. Iespējams, informāciju par uzdevuma risināšanai nepieciešamām zināšanām un prasmēm skolotāji (un, protams, arī skolēni) var izmantot, lai atlasītu jautājumus noteiktu prasmju trenēšanai vai tēmu apguvei.

Lai izzinoša un noderīga darbošanās ar fizikas olimpiāžu uzdevumu metodisko materiālu!

Metodiskā materiāla autoru kolektīvs:

Ludmila Belogrudova, Jānis Cīmurs, Inese Dudareva, Vjačeslavs Kaščejevs, Paulis Paulins.

Uzdevumi

2016./2017. mācību gads – Latvijas 67. fizikas olimpiāde

Novada olimpiāde – 2017

9. klase

N2017-9-1. LAIVAS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Uzdevumā tiek apskatītas dažādas situācijas, kurās motorlaiva pārvietojas vienmērīgi.

1. Pirmo ceļa pusi motorlaiva pa ezeru brauca ar ātrumu v_1 = 20 km/h, ¾ no atlikušā ceļa – ar ātrumu v_2 = 10 km/h un pēdējo atlikušo ceļa posmu – ar ātrumu v_3 = 15 km/h.

A Cik ilgu laiku motorlaiva patērēja katrā ceļa posmā, ja kopējais ceļa garums ir *l* = 20 km?

Atbilde:

t_1 = ☐ s **[0,5 p]**

t_2 = ☐ s **[0,5 p]**

t_3 = ☐ s **[0,5 p]**

B Cik liels bija motorlaivas vidējais ātrums visā ceļā?

Atbilde: v_{vid} = ☐ m/s **[0,5 p]**

2. Cik liels ir motorlaivas vidējais ātrums, ja veiktā ceļa garums nav zināms, bet zināms, ka

A pirmo pusi no brauciena laika motorlaiva brauca ar ātrumu 25 km/h, otru pusi – ar ātrumu 10 km/h?

Atbilde: $v_{vid,1}$ = ☐ km/h **[1 p]**

B pirmo pusi ceļa motorlaiva brauca ar ātrumu 25 km/h, otru pusi – ar ātrumu 10 km/h?

Atbilde: $v_{vid,2}$ = ☐ km/h **[1 p]**

3. Pirmo ceļa pusi motorlaiva brauca ar trīs reizes lielāku ātrumu v_1 nekā otro ceļa pusi ar ātrumu v_2. Cik lieli ir ātrumi v_1 un v_2, ja vidējais ātrums visa brauciena laikā bija 15 km/h? Veiktā ceļa garums nav zināms.

Atbilde:

v_1 = ☐ km/h **[0,5 p]**

v_2 = ☐ km/h **[0,5 p]**

4. Motorlaiva atrodoties 1 km attālumā no kuģa, sāk tam sekot ar ātrumu 25 km/h. Kuģa kustības ātrums ir 15 km/h.

A Pēc cik ilga laika motorlaiva panāks kuģi?

Atbilde: t = _____ s **[1 p]**

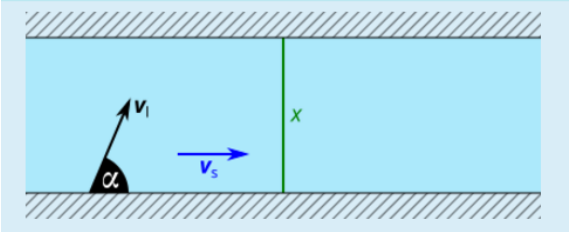
B Cik lielu attālumu nobrauks motorlaiva panākot kuģi?

Atbilde: s_1 = _____ km **[0,5 p]**

C Cik lielu attālumu šajā laikā būs nobraucis kuģis?

Atbilde: s_2 = _____ km **[0,5 p]**

5. Motorlaivai sabojājās dzinējs un makšķernieks mēģināja aizvest laivu otrā krastā, izmantojot airus. Otrā krastā tieši pretī izbraukšanas vietai atradās piestātne. Viņš mēģināja visu laiku airēt perpendikulāri straumei, bet laiva sasniedza otru krastu pēc 10 minūtēm L = 600 m attālumā no piestātnes zemāk pa straumi. Upes platums ir x = 1,2 km. Pieņemsim, ka upes platums apskatītajā posmā nemainās.



2. att.

A Cik liels ir upes straumes ātrums attiecībā pret krastu?

Atbilde: v_s = _____ m/s **[0,5 p]**

B Cik liels ir laivas ātrums attiecībā pret upes ūdeni?

Atbilde: v_l = _____ m/s **[0,5 p]**

C Cik lielā leņķī α attiecībā pret upes krastu, uzsākot airēt, ir jāvirza laiva, lai laiks, kurā laiva šķērsotu upi, būtu vismazākais?

Atbilde: α = _____ ^{o} **[1 p]**

D Kā mainītos sekojoši fizikālie lielumi, ja pavasarī upes straumes ātrums būtu lielāks nekā iepriekš apskatītajā situācijā?

Atbilde: [1 p]

Kopējais laivas kustības ātrums v	palielināsies	samazināsies	nemainīsies
Upes šķērsošanas laiks	palielināsies	samazināsies	nemainīsies
Leņķis α, kurā jāvirza laiva, lai laiks, kurā laiva šķērsotu upi būtu vismazākais.	palielināsies	samazināsies	nemainīsies
Attālums L zemāk pa straumi, kurā sasniedz otru krastu.	palielināsies	samazināsies	nemainīsies

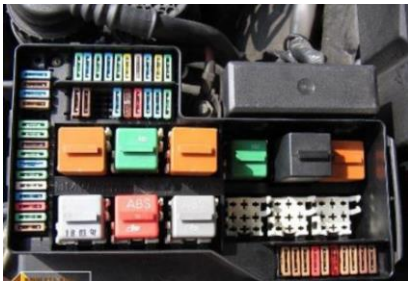
N2017-9-2. BMW REMONTS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

3. att.

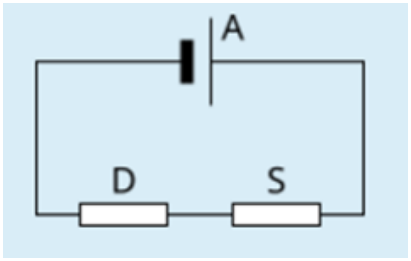
Uzdevums ir balstīts uz patiesiem notikumiem, tomēr situācijas apraksta detaļas un fizikālo lielumu vērtības var atšķirties no reālām.

Uzdevuma autora kolēģim pieder automašīna BMW 5 (sk. 3. att.). Kādu dienu kolēģis sajuta nepatīkamu kūstošās plastmasas smaku, kas nāca no bagāžnieka puses. Atverot bagāžnieku, viņš konstatēja, ka smaka nāk no drošinātāju bloka (sk. 4. att.). Pēc bloka atvēršanas izrādījās, ka ir izkusis aizmugurējā loga apsildes elementa drošinātājs. Šajā uzdevumā tiks apskatītas fizikālās likumsakarības, kas ļauj labāk saprast, kāpēc tas notika.



4. att.

1. Ļoti vienkāršojot automašīnas elektrisko shēmu, var pieņemt, ka dotajā situācijā tā sastāv no akumulatora A, drošinātāja D un sildītāja S (sk. 5. att.). Akumulatora spriegums $U_A = 12$ V neatkarīgi no pieliktās slodzes, un tā iekšējo pretestību var neievērot.



5. att.

Dotajā shēmā drošinātājs un sildītājs ir saslēgti

Atbilde: [0,5 p]

- virknes slēgumā
- paralēlajā slēgumā
- jauktajā slēgumā

2. Strāvu, kas plūst caur drošinātāju apzīmēsim ar I_D un strāvu – caur sildītāju ar I_S. Tad dotajā slēgumā

Atbilde: [0,5 p]

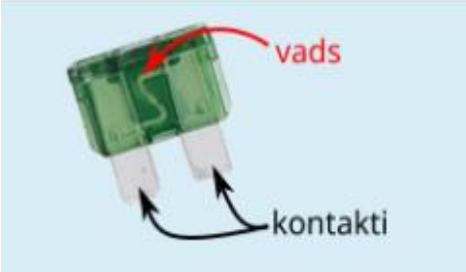
- $I_D = I_S$
- $I_D > I_S$
- $I_D < I_S$
- $I_D = 2I_S$
- $I_D = 0{,}5\ I_S$
- Nav iespējams izvēlēties kādu no atbildēm, ja nav zināmas drošinātāja un sildītāja pretestības.

3. Spriegumu uz drošinātāja apzīmēsim ar U_D un spriegumu uz sildītāja — ar U_S. Tad dotajā slēgumā

Atbilde: [0,5 p]

- $U_D = U_S$
- $U_D > U_S$
- $U_D < U_S$
- $U_D = 2U_S$
- $U_D = 0{,}5\ U_S$
- Nav iespējams izvēlēties kādu no atbildēm, ja nav zināmas drošinātāja un sildītāja pretestības.

4. Pieņemsim, ka drošinātāja iekšā atrodošais vads (parādīts 6. attēlā ar sarkano bultu) ir izgatavots no vara (īpatnējā elektriskā pretestība $\rho = 1{,}8 \times 10^{-8}$ Ω·m), tā garums $\ell = 1$ cm = ☐ m **[0,25 p]** un šķērsgriezuma laukums $S = 1$ mm^2 = ☐ m^2 **[0,25 p].** Vada pretestība R_D = ☐ Ω **[0,5 p]**.



6. att.

Ja drošinātājs ir ielikts pareizi (t. i., abi kontakti iesprausti pilnībā), kontaktu pretestību šajā apakšpunktā var neievērot, tāpēc ka

Atbilde: [0,5 p]

- kontaktu laukums ir liels, tātad pretestība ir maza
- kontakti ir izgatavoti no cita metāla.
- strāva plūst tikai pa vadu, nevis pa kontaktiem.
- strāvu stiprums abos kontaktos ir vienāds, bet – virzieni ir pretēji vērsti, tāpēc kompensējas.
- kontakti ir pievienoti paralēli viens otram.

5. Sildītāja pretestība $R_S = 48$ Ω. Pareizi ieliktā drošinātāja pretestība $R_D = 1 \times 10^{-4}$ Ω (šī vērtība atšķiras no iepriekšējā punktā iegūtās, t. i. autovadītājs ir ielicis citu drošinātāju). Tad var teikt, ka

Atbilde: [0,5 p]

- $I_D = I_S$
- $I_D > I_S$
- $I_D < I_S$
- nav iespējams izvēlēties kādu no atbildēm, ja nav zināms sprieguma kritums uz sildītāja,

kā arī var teikt, ka

Atbilde: [0,5 p]

- $U_D = U_S$
- $U_D > U_S$
- $U_D < U_S$
- nav iespējams izvēlēties kādu no atbildēm, ja nav zināms sprieguma kritums uz sildītāja.

Ķēdes kopējā pretestība R = ☐ Ω **[0,5 p].** Strāva caur drošinātāju I_D = ☐ A **[0,25 p].** Spriegums uz drošinātāja U_D = ☐ V **[0,25 p].**

6. Drošinātājs tika ielikts paviršī, neievietojot to līdz galam kontaktligzdā. Tāpēc kontakta virsma būtiski samazinājās. To var tuvināti aprakstīt ar šķērsgriezuma laukuma S samazināšanos 10 reizes — no 1 mm^2 līdz 0,1 mm^2. Tāpēc šajā gadījumā drošinātāja pretestība, salīdzinot ar pareizi ieliktā drošinātāja pretestību,

Atbilde

• samazinājās • pieauga **[0,25 p]**

• 10 • 100 • 3,16 reizes. **[0,25 p]**

Tādā gadījumā ķēdes kopējā pretestība R = ☐ Ω **[0,5 p].** Strāva caur drošinātāju I_D = ☐ A **[0,25 p]**. Spriegums uz drošinātāja U_D = ☐ V. **[0,25 p]**

7. Pavirši ieliktais drošinātājs izkusa, tāpēc ka, salīdzinot ar pareizi ieliktā drošinātāja stāvokli,
Atbilde [0,5 p]

- spriegums uz drošinātāja gandrīz nemainās, bet caur drošinātāju plūstošā strāva būtiski palielinās.
- caur drošinātāju plūstošā strāva gandrīz nemainās, bet spriegums uz drošinātāja būtiski palielinās.
- būtiski palielinās gan caur drošinātāju plūstošā strāva, gan spriegums uz drošinātāja

8. Par laimi, uzdevuma autora kolēģis nomainīja drošinātāju un pareizi to ielika. Tagad aizmugurējā loga apsildes elements strādā labi un var izkausēt ledu, kas ir piesalis pie loga. Cik liela ledus masa (gramos) tiks izkausēta, ja siltuma elements pievadīs siltuma daudzumu $Q = 834$ J? Ledus īpatnējais kušanas siltums ir 333 550 J/kg. Var pieņemt, ka ledus sākotnējā temperatūra ir 0 °C un viss pievadītais siltums tiek patērēts ledus izkausēšanai.

Atbilde: m = ☐ g **[1 p]**

9. Aizmugurējā loga laukums $S = 0{,}27$ m^2. Ledus blīvums ir 936 kg/m^3, un var pieņemt, ka tas bija sadalīts pa stiklu plānā slānī ar vienādu biezumu. Cik liels ir izkausētā ledus slāņa biezums (milimetros)?

Atbilde: h = ☐ mm **[1 p]**

10. Ja sākotnējā ledus temperatūra būtu nevis 0 °C, bet –10 °C, tad izkausētā slāņa biezums būtu
Atbilde [0,5 p]

- lielāks
- mazāks
- tāds pats.

Ja uz loga atrastos nevis ciets ledus, bet sniegs vai sarma (blīvums ir būtiski mazāks), tad izkausētā slāņa biezums būtu
Atbilde [0,5 p]

- lielāks
- mazāks
- tāds pats.

N2017-9-3. PINGVĪNI UZ LEDUS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Adeles pingvīni dzīvo uz ledus, tikai vairoties dodas uz sauszemi. Pingvīni nevar lidot, bet peldēšanā var sacensties ar roņiem un delfīniem.

Pingvīna spārns darbojas kā spēcīgs, plakans airis, kas nodrošina pingvīnam peldēšanas ātrumu pat līdz 36 kilometriem stundā un ļauj ienirt pēc barības vairāku desmitu metru dziļumā un kā korķim izsprāgt pat pusotra metra augstumā virs ūdens.

Adeles pingvīnu tēviņu masa var sasniegt 5,4 kg, bet mātītes ir vieglākas, viņu masa var sasniegt 4,8 kg. Brīvās krišanas paātrinājums $g = 9{,}8$ m/s^2.

7. att.

1. Ledus gabala masa ir 540 000 kg, un tas peld ūdenī. Ledus blīvums ir 900 kg/m^3. Ūdens blīvums 1000 kg/m^3.

A Cik liels ir ledus gabala iegrimušās daļas tilpums?

Atbilde: V = ☐ m^3 **[1 p]**

B Cik liels Arhimēda spēks darbojas uz ledus gabalu?

Atbilde: F_A = _____ N **[1 p]**

C Kā mainīsies sekojošie fizikālie lielumi, ja uz ledus gabala uzlēks vairāki Adeles pingvīni?

Atbilde: [1 p]

Arhimēda cēlējspēks uz ledu	• palielināsies	• samazināsies	• nemainīsies
Ledus gabala iegrimušās daļas tilpums	• palielināsies	• samazināsies	• nemainīsies
Ledus gabala virs ūdens virsmas esošās daļas augstums	• palielināsies	• samazināsies	• nemainīsies
Hidrostatiskais spiediens uz ledus gabala pamatni	• palielināsies	• samazināsies	• nemainīsies

D Ledus gabala virsmas laukums ir 100 m^2. Kad vairāki pingvīni uzlēca uz ledus gabala, tas iegrima par 0,5 cm dziļāk. Cik liela bija pingvīnu kopējā masa?

Atbilde: m = _____ kg **[1 p]**

2. Okeāna sālsūdens blīvums ir aptuveni 1024 kg/m^3 okeāna virspusē. Pieņemsim, ka pingvīna tilpums ir aptuveni 10 dm^3, un niršanas laikā tas nemainās.

A Kurā gadījumā uz pingvīnu iedarbojas mazāks Arhimēda cēlējspēks, ja pingvīns ieniris pēc barības 2 metru vai 10 metru dziļumā? Pieņemsim, ka ūdens blīvums šajā dziļumā nemainās.

Atbilde: [1 p]

- 2 m dziļumā
- 10 m dziļumā
- Abos gadījumos darbojas vienāds spēks
- Abos gadījumos Arhimēda spēks ir vienāds ar nulli

B Adeles pingvīnu ieniršanas rekords ir 180 m. Kā mainīsies Arhimēda cēlējspēks, pingvīnam ienirstot līdz 180 m dziļumam? Pieaugot okeāna dziļumam, ūdens blīvums, sākot no 150 metru dziļuma, mainās kā parādīts 8. attēlā.

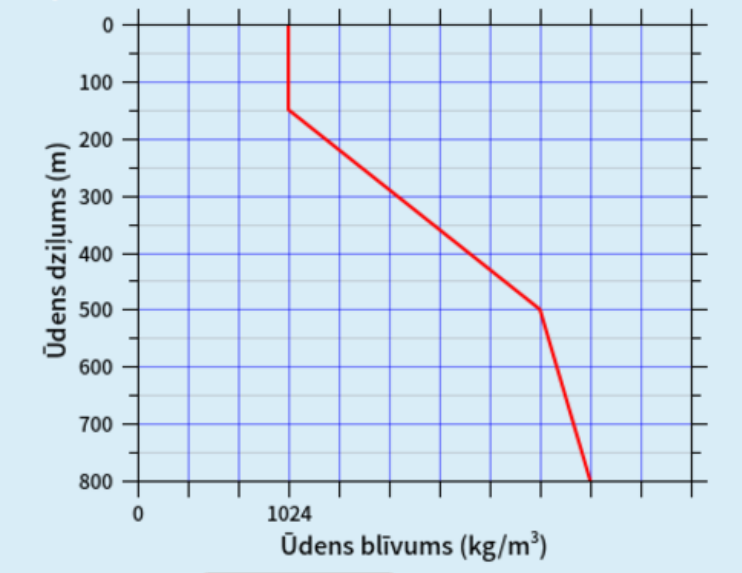
Atbilde: [1 p]

- palielināsies
- samazināsies
- nemainīsies

jo šajā dziļumā

- palielinās
- samazinās
- nemainās

ūdens blīvums.



8. att.

3. Zooloģiskajā dārzā pingvīnu mītnes parasti būvē, lai apmeklētāji varētu apskatīt pingvīnus arī tad, kad pingvīni peld un nirst ūdenī. Baseina virsmas laukums ir 100 m × 20 m. Baseinā iepildīts okeāna ūdens, kura blīvums ir 1024 kg/m^3. Baseinā peld ledus gabali, lai pingvīniem radītu vidi, kas tuva viņu dabiskajai dzīvošanas videi. Sasalstot okeāna ūdenim, ledus nesatur sāls molekulas, bet satur tikai ūdens molekulas.

A Cik lielu spiedienu papildus atmosfēras spiedienam uz baseina pamatni rada 10 m dziļš baseinā iepildītais okeāna ūdens?

Atbilde: _____ Pa **[1 p]**

B Ja baseinā okeāna ūdens vietā ielietu 10 m dziļu saldūdeni, tad ūdens radītais spiediens uz baseina dibenu

Atbilde:

• samazinātos • nemainītos • palielinātos **[0,5 p]**

jo saldūdens blīvums ir

• tāds pats • lielāks • mazāks **[0,5 p]**

salīdzinājumā ar okeāna ūdens blīvumu.

C Kā mainīsies ūdens līmenis baseinā, ja pingvīns iznirs no ūdens un uzlēks uz baseinā peldošā ledus gabala? Pingvīna blīvums ir lielāks nekā ūdens blīvums.

Atbilde: [1 p]

- Nemainīsies
- Palielināsies
- Samazināsies
- Var gan palielināties, gan samazināties

D Kā mainīsies ūdens līmenis baseinā, ja baseinā peldošie ledus gabali izkusīs?

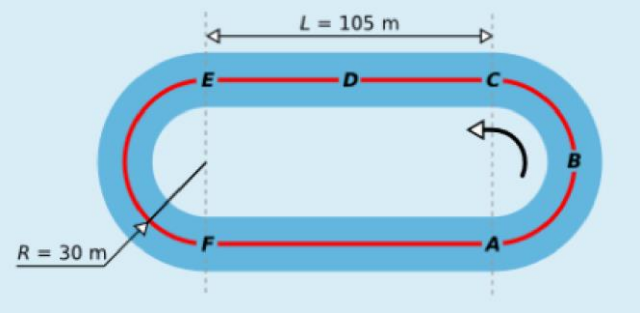
Atbilde: [1 p]

- Nemainīsies
- Palielināsies
- Samazināsies
- Var gan palielināties, gan samazināties

N2017-10-1. ĀTRSLIDOŠANA

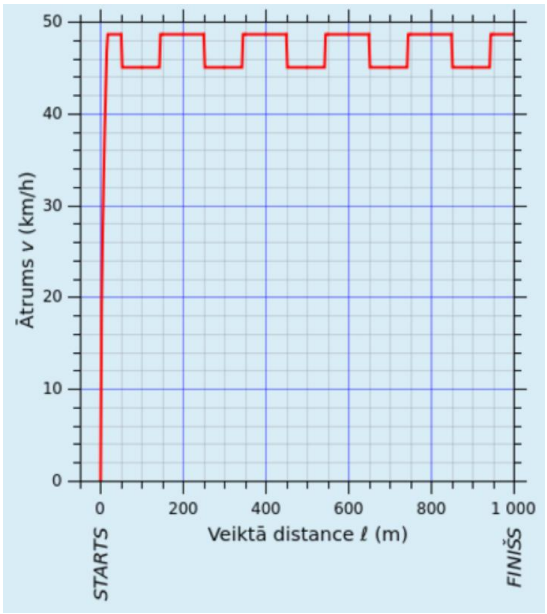
Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Ātrslidošanas sacensības notiek speciāli ierīkotos stadionos (skat. 9. att.). Ledus celiņš sastāv no četriem posmiem: diviem taisniem posmiem (CE un FA) un diviem pusriņķiem (AC un EF). Taisno posmu garumi ir $L = 105$ m, pusriņķu rādiusi ir $R = 30$ m. Brīvās krišanas paātrinājums ir $g = 10$ m/s^2. Slīdes berzi neņemt vērā.



9. att.

1. Ātrslidotāja ātruma maiņa distances veikšanas laikā ir parādīta 10. att.



10. att.

A Distance tika veikta pretēji pulksteņrādītāja kustības virzienam un sākās punktā

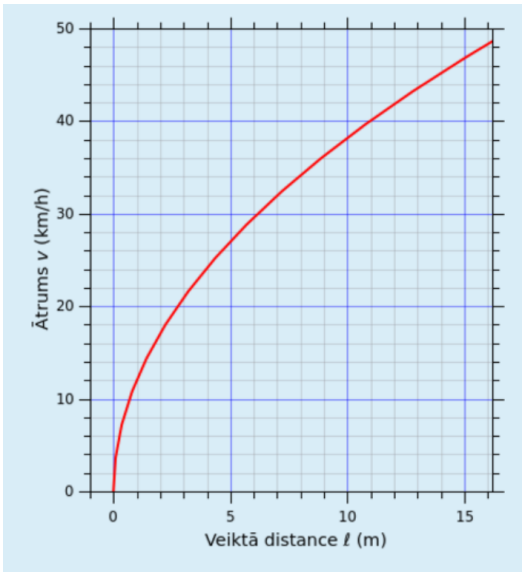
Atbilde: **[1 p]**

- A
- B
- C
- D

B No distances starta līdz finišam tika noslidoti

Atbilde: $N =$ ☐ apļi. **[0,5 p]**

2. Sīkāk apskatīsim ieskrējiena posmu. Ātruma izmaiņa ieskrējiena laikā ir parādīta 11. att.



11. att.

Horizontālās ass galapunkts atbilst ieskrējiena beigām. Ieskrējiens aizņēma laiku

Atbilde: $t_{ieskr} =$ ☐ s **[1 p]**

un ātrslidotāja kustības vienādojums bija (SI mērvienībās)

Atbilde: $\ell(t) =$ ☐ $t +$ ☐ t^2 **[1 p + 1 p]**

3. Ātrslidotājs, kura masa $m = 70$ kg, iebrauc stadiona pusriņķa posmā AC, noliecoties par leņķi $\alpha = 75°$ attiecībā pret ledus virsmu (sk. 12. att.) un kustoties ar konstantu (pēc absolūtās vērtības) ātrumu

Atbilde: v = ☐ m/s **[1 p]**

Uz ātrslidotāju darbojas smaguma spēks

Atbilde: F_g = ☐ N **[0,5 p]**

un viņa svars ir

Atbilde: P = ☐ N **[1 p]**

No ledus puses uz slidām darbojas miera berzes spēks

Atbilde: F_b = ☐ N **[1 p]**

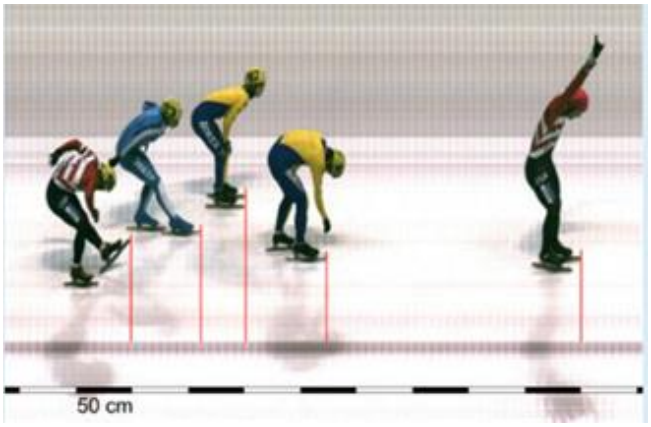
Kopspēks, kas darbojas uz ātrslidotāju, nodrošina paātrinājumu

Atbilde: a = ☐ m/s^2 **[1 p]**

12. att.

4. Viens no ātrslidošanas paveidiem ir šorttreks, kurā vairāki sportisti (parasti no 4 līdz 6) uzsāk distanci no vienas starta līnijas. Bieži vien šorttrekā sportisti finiša līniju šķērso tik blīvi, ka, lai izlemtu vietu secību, ir jāanalizē fotofinišs. Fotogrāfijā (13 .att.) ir attēlots moments, kad pirmais sportists ir finišējis (slidas asmens priekšējais gals ir šķērsojis finiša līniju). Otrajā vietā palikušais slidotājs ir zaudējis pirmajai vietai

Atbilde: t = ☐ s **[1 p]**



13. att.

Risināšanai izmantot garuma skalu fotogrāfijas apakšdaļā (katra melnā vai baltā strīpa ir 50 cm gara), un pieņemt, ka uzvarētājs finiša līniju šķērso ar ātrumu v = 44 km/h.

N2017-10-2. DZENIS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Kaļot koku, dzeņa galva sadursmes brīdī piedzīvo ļoti lielu paātrinājumu, tomēr dzenim nerodas smadzeņu satricinājums. Tas skaidrojams ar vairākiem mehānismiem, tostarp īpašu galvaskausa audu struktūru un knābja daļēju atsaisti no galvaskausa. Šajā uzdevumā kalšanas procesu apskatīsim vienkāršotā veidā.

Sākotnēji pieņemsim, ka dzeņa galva ir ciets ķermenis, t. i., knābis, galvaskauss un smadzenes ir cieši saistīti un savstarpēji nepārvietojas.

1. Dzeņa galvas ātrums, sadūroties ar koku, ir 5 m/s. Galvas masa ir 8 g. Pieņemot, ka pretestības spēks, dzeņa knābim triecoties kokā, ir konstants un vienāds ar 19 N un dzenis pieliek galvai 1 N lielu spēku (koka virzienā), aprēķināt:

A dzeņa galvas paātrinājuma absolūto vērtību

Atbilde: $|a|$ = ☐ m/s^2 **[0,5 p]**

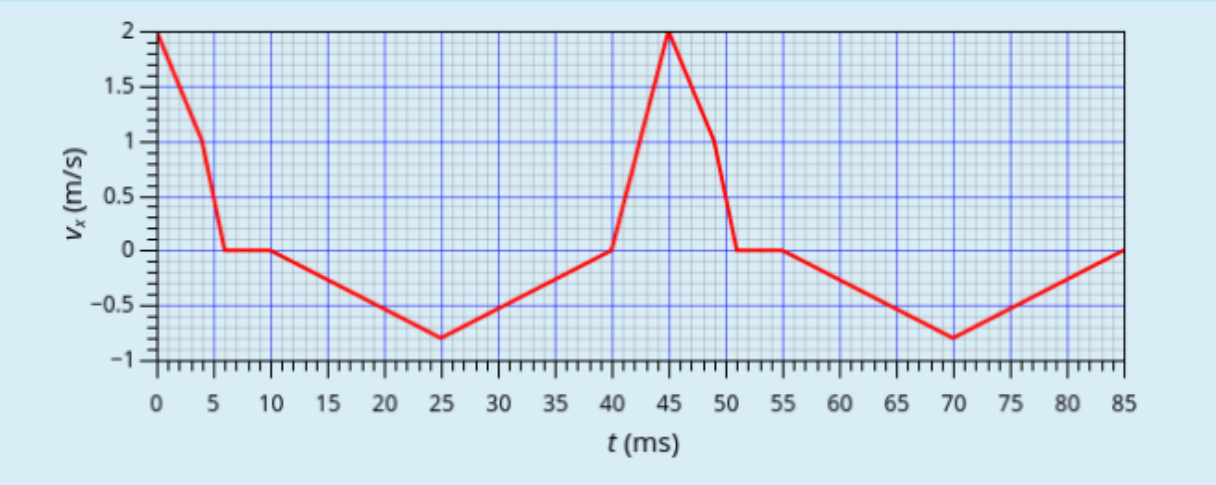
B dzeņa knābja iekļūšanas dziļumu kokā

Atbilde: d = _____ mm **[0,5 p]**

C pēc cik ilga laika dzeņa galva apstājas

Atbilde: t = _____ ms **[0,5 p]**

2. Ātri kaļot, dzenis spēj veikt vairākus desmitus vienādu sitienu pēc kārtas. Grafikā 14. att. parādīts, kā mainās dzeņa galvas kustības ātrums atkarībā no laika šādā procesā, turklāt kustība notiek tikai paralēli x asij, kas ir vērsta koka virzienā.



14. att.

Pieņemsim, ka dzeņa galvas masa ir 8 g, koka cauruma dziļums nepalielinās un ka, knābim triecoties kokā, dzenis pieliek galvai $F_{dz,x}$ = 1 N lielu spēku.

Aprēķināt:

A sitienu skaitu, ko dzenis veic vienas sekundes laikā

Atbilde: N = _____ **[0,5 p]**

B maksimālo berzes spēku, kas darbojas uz knābi kokā

Atbilde: $F_{b,max}$ = _____ N **[0,5 p]**

C dzeņa knābja iekļūšanas dziļumu kokā

Atbilde: d = _____ mm **[0,5 p]**

D maksimālo attālumu starp knābi un koku viena pilna sitiena laikā

Atbilde: $\Delta x_{k,max}$ = _____ mm **[0,5 p]**

E galvas pārvietojumu viena pilna sitiena laikā

Atbilde: Δx = _____ mm **[0,5 p]**

F galvas veikto ceļu viena pilna sitiena laikā.

Atbilde: s = _____ mm **[0,5 p]**

3. Dzeņa smadzenes galvaskausā pasargā speciāli audi, kas sadursmes laikā deformējas. Apskatīsim situāciju, kurā dzeņa galvas un smadzeņu sākotnējais ātrums ir 5 m/s un galvas apstāšanās attālums jeb knābja iekļūšanas dziļums kokā ir 2,0 mm (šī vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās). Audiem deformējoties, smadzenes apstājas par 2,5 mm tālāk nekā galva (galvaskauss). Pieņemot, ka kustība ir vienmērīgi paātrināta, aprēķināt:

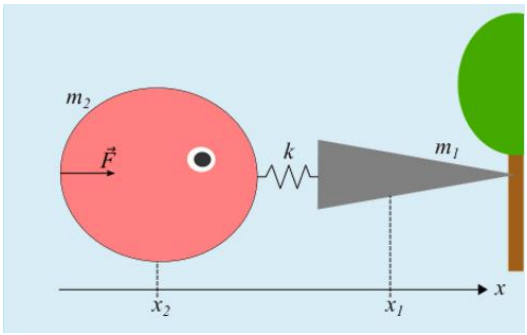
A smadzeņu paātrinājuma absolūto vērtību

Atbilde: $|a_{sm}| =$ ☐ m/s^2 **[0,5 p]**

B cik reižu smadzeņu paātrinājums ir mazāks par galvas paātrinājumu

Atbilde: $|a_g/a_{sm}| =$ ☐ **[0,5 p]**

4. Lai modelētu kustību, pieņemsim, ka dzeņa knābis ir saistīts ar galvu ar atsperi, kuras stinguma koeficients ir k. Knābja masa ir m_1 un centra koordināte ir x_1, bet galvas masa ir m_2 un centra koordināte ir x_2, kustība notiek tikai paralēli x asij (15. att.). Pirms knābja sadursmes ar koku: attālums starp knābja un galvas centriem ir x_0; atspere nav izstiepta; knābja un galvas ātrumi ir vienādi: $v_1 = v_2$. Kādi ir knābja un galvas kustības vienādojumi sadursmes laikā, ja uz galvu darbojas spēks F un uz knābi kokā — pretestības spēks F_b?



15. att.

A Knābja kustības vienādojums

Atbilde: [0,75 p]

- $m_1 a_{1x} = 0$
- $m_1 a_{1x} = F$
- $m_1 a_{1x} = F_b$
- $m_1 a_{1x} = -F_b$
- $m_1 a_{1x} = F - F_b + k(x_0 - x_1 + x_2)$
- $m_1 a_{1x} = F - F_b - k(x_0 - x_1 + x_2)$
- $m_1 a_{1x} = -F_b + k(x_0 - x_1 + x_2)$
- $m_1 a_{1x} = -F_b - k(x_0 - x_1 + x_2)$

B Galvas kustības vienādojums

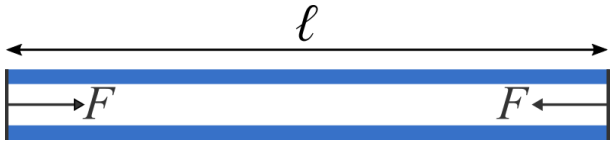
Atbilde: [0,75 p]

- $m_2 a_{2x} = 0$
- $m_2 a_{2x} = F$
- $m_2 a_{2x} = -F_b$
- $m_2 a_{2x} = F - F_b$
- $m_2 a_{2x} = k(x_0 - x_1 + x_2)$
- $m_2 a_{2x} = -k(x_0 - x_1 + x_2)$
- $m_2 a_{2x} = F + k(x_0 - x_1 + x_2)$
- $m_2 a_{2x} = F - k(x_0 - x_1 + x_2)$

5. Dzeņa knābi un galvu savieno divi kauli, kas apliecas ap galvu un būtiski samazina trieciena ietekmi uz galvu un smadzenēm. Apskatīsim divus taisnus cilindriskus kaula posmus (16. attēlā zilā krāsā), kas savienoti paralēli. Katra kaula rādiuss r = 0,2 mm un garums ℓ = 40 mm. Pieņemot, ka kaula Junga modulis E = 2,0 GPa un deformācija notiek cilindra ass virzienā, aprēķināt:

A relatīvo pagarinājumu un elastības spēku pie pagarinājuma $\Delta\ell$ = 0,5 mm

Atbilde: ε = ☐; F = ☐ N **[1 p]**



16. att.

B stinguma koeficientu, savienotos kaulus apskatot kā atsperi

Atbilde: k = ☐ N/m **[0,5 p]**

6. Sitienu laikā dzeņa smadzenēs berzes rezultātā izdalās siltums, tāpēc dzenim ik pa laikam jāpārtrauc sišana, lai smadzenes nepārkarstu. Pieņemot, ka smadzeņu masa m = 1,3 g, īpatnējā siltumietilpība ir c_p = 2180 J/(kg·°C), izdalītais siltuma daudzums uz smadzeņu masas vienību vienā sitienā ir Q/m = 12,5 J/kg un sitienu laikā siltuma apmaiņu ar ārējo vidi var neievērot, aprēķināt:

A smadzenēs izdalīto siltuma daudzumu N = 30 sitienu laikā

Atbilde: Q = ☐ J **[0,75 p]**

B smadzeņu temperatūras pieaugumu N = 30 sitienu laikā

Atbilde: Δt = ☐ °C **[0,75 p]**

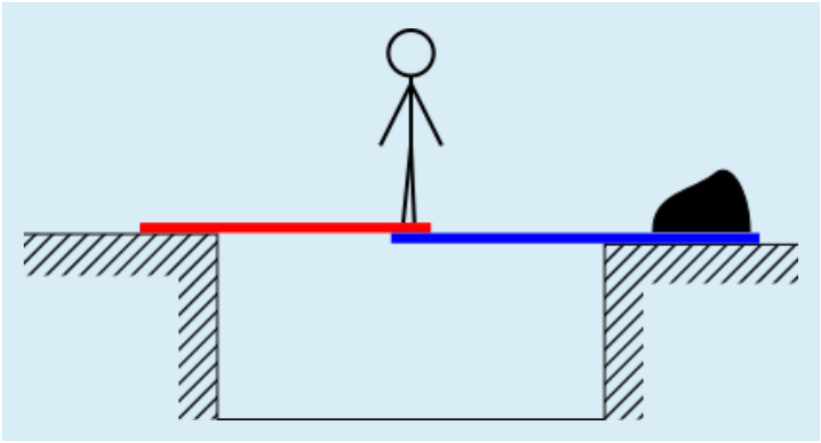
N2017-10-3. TILTIŅŠ

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Ir viens paņēmiens, kā pāriet grāvi vai šauras upes gultni, izveidojot pagaidu tiltiņu-pārceltuvi. Divus garus plakanus dēļus savieno tā, kā ir parādīts 17. attēlā. Vienu dēli piespiež ar akmeni vai akmens vietā virsū uz dēļa var stāvēt cilvēks. Izmantojot šo tiltiņu, cilvēki var pārcelties no viena upes krasta uz otru.

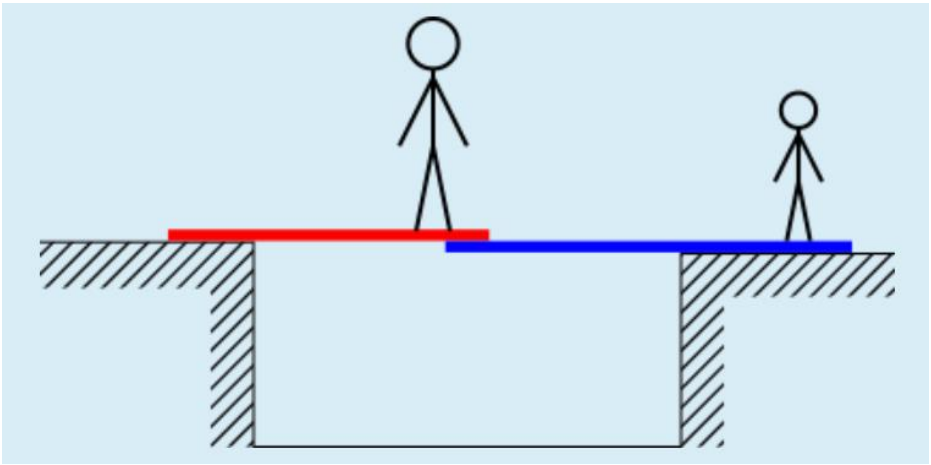
Visos uzdevuma apakšpunktos dēļus uzskatīsim par absolūti cietiem un nesalokāmiem. Brīvās krišanas paātrinājums g = 9,8 m/s^2.

1. Kreisās puses (sarkanā) dēļa garums ir vienāds ar 5,20 m, labās puses (zilā) dēļa garums ir vienāds ar 6 m. Upes platums ir vienāds ar 7 m. "Sarkanā" dēļa viens gals – 10 cm atrodas upes kreisajā krastā, otrs gals – 10 cm novietoti virs "zilā" dēļa. Dēļu masu visos pirmā uzdevuma apakšpunktos neņemsim vērā. Upes labajā krastā uz dēļa stāv bērns ar masu m_1 = 45 kg (skat. 18. attēlu).



17. att.

Pieņemt, ka 1) visi spēki, kas darbojas no "sarkanā" dēļa uz "zilo" dēli darbojas abu dēļu pārklāšanās viduspunktā, t. i. 5 cm no "zilā" dēļa gala; 2) spēks, kas darbojas no "sarkanā" dēļa uz zemi, darbojas 5 cm no "sarkanā" dēļa kreisā gala.



18. att.

A Cik lielā attālumā no labā upes krasta jāstāv bērnam (18. att.), lai tiltiņš būtu maksimāli stabils (pāreju var izmantot gājēji ar lielāku svaru)?

Atbilde: L = ☐ m **[1 p]**

B Cik garš "zilā" dēļa gabals atradīsies virs upes gadījumā, kad tiltiņš būs maksimāli stabils (pāreju var izmantot gājēji ar lielāku svaru)?

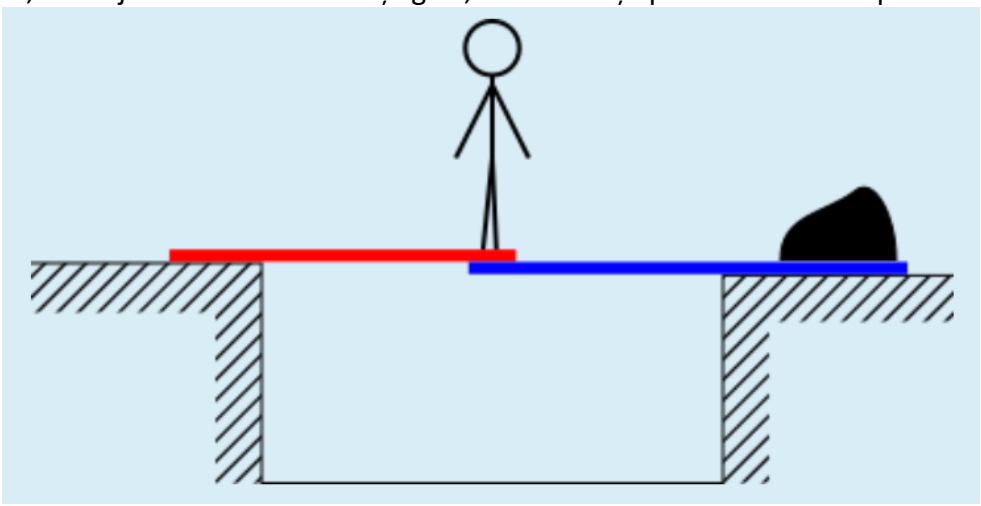
Atbilde: l = ☐ m **[1 p]**

C Cik liela var būt gājēja maksimālā masa, lai, šķērsojot šo pārceltuvi, tās konstrukcija nesabruktu?

Atbilde: m_2 = ☐ kg **[1 p]**

2. Veidojot citu pārceltuvi, tika izmantots "sarkanais" dēlis, kura garums ir 3,7 m. "Sarkanā" dēļa viens gals – 10 cm atrodas upes kreisajā krastā, otrs gals – 10 cm novietots virs "zilā" dēļa. Labās puses ("zilā") dēļa garums ir 5,6 m un 3,5 m no šī dēļa atrodas virs upes. Dēļu platums ir 30 cm, dēļu biezums ir 6 cm, dēļu koka blīvums ir 0,5 g/cm^3. Upes platums ir 7 m.

Pie pārceltuves pienāca cilvēks, kura masa 80 kg. “Zilā” dēļa galā labajā krastā tika novietots akmens. Pieņemsim, ka 1) viss akmens smaguma spēks ir pielikts 10 cm attālumā no dēļa labā gala (skat. 19. att.); 2) dēļi gandrīz neizliecas un tāpēc tos var uzskatīt par taisniem; 3) visi spēki, kas darbojas no “sarkanā” dēļa uz “zilo” dēli, darbojas 5 cm no “zilā” dēļa gala, t. i. abu dēļu pārklāšanās viduspunktā.



19. att.

A Cik liels ir šī cilvēka svars?
Atbilde: P = ☐ N **[0,5 p]**

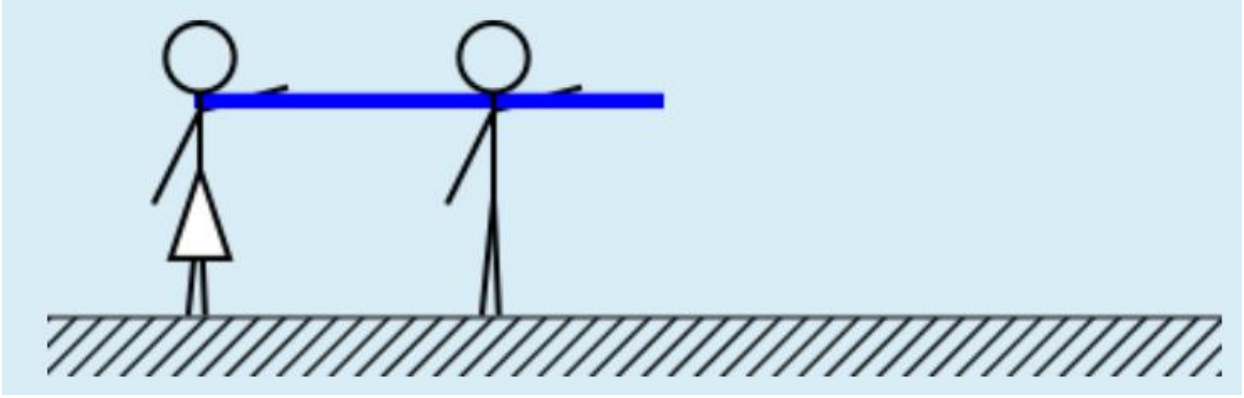
B Cik liela ir kreisās puses (“sarkanā”) dēļa masa?
Atbilde: m_s = ☐ kg **[1 p]**

C Cik liela ir labās puses (“zilā”) dēļa masa?
Atbilde: m_z = ☐ kg **[1 p]**

D Ar cik lielu spēku “sarkanais” dēlis iedarbojas uz “zilo” dēli, kad uz tiltiņa virsū nestāv cilvēks?
Atbilde: F_S = ☐ N **[1 p]**

E Cik maza var būt akmens minimālā masa, lai cilvēks varētu šķērsot pārceltuvi?
Atbilde: m = ☐ kg **[1,5 p]**

3. Lai izveidotu līdzīgu tiltiņu, Alise un Bobs paņēma viendabīgu dēli ar masu 40 kg un garumu 5 m. Maksimālā masa, kuru var pacelt Alise, ir 15 kg. Alise paņēma dēli pie gala (20. att.).



20. att.

A Cik lielā attālumā no dēļa viduspunkta Bobs paņēma dēli, ja Bobs mēģināja nepārslogot Alisi, bet pats arī centās pielikt minimālu piepūli?

Atbilde: L_B = _____ m **[1 p]**

B Ar cik lielu spēku dēlis spiež uz Alisi šajā gadījumā?

Atbilde: F_A = _____ N **[0,5 p]**

C Ar cik lielu spēku dēlis spiež uz Bobu šajā gadījumā?

Atbilde: F_B = _____ N **[0,5 p]**

11. klase

N2017-11-1. POPKORNS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Šajā uzdevumā aplūkosim dažus procesus, kas ir būtiski, gatavojot popkornu. Kā zināms, viena no populārām popkorna pagatavošanas metodēm ir kukurūzas graudu vārīšana eļļā. Kāpēc vārīšana noved pie tik efektīga rezultāta šajā gadījumā un kāpēc līdzīga parādība nav novērojama citiem pārtikas produktiem (citiem graudaugiem, pākšaugiem, sēklām)? Būtisku lomu šajā gadījumā nospēlē kukurūzas grauda īpašais apvalks, kuram ir divas svarīgas īpašības: tas ir ļoti izturīgs (spēj izturēt līdz 10 atm lielu spiedienu) un tas praktiski nelaiž cauri mitrumu.

Tāpat kā praktiski visi augļi un sēklas, arī kukurūzas graudi satur lielu daudzumu ūdens. Kukurūzas graudu karsējot, daļa ūdens pārvēršas tvaikā. Bet kukurūzas grauda apvalka īpašību dēļ tvaikam nav iespējams ātri no kukurūzas grauda izkļūt, un, iztvaikojot arvien lielākam un lielākam ūdens daudzumam, tvaika spiediens kukurūzas grauda iekšpusē turpinās celties, līdz sasniegs augstāk minēto grauda apvalka izturības robežu, un grauds pārsprāgs.

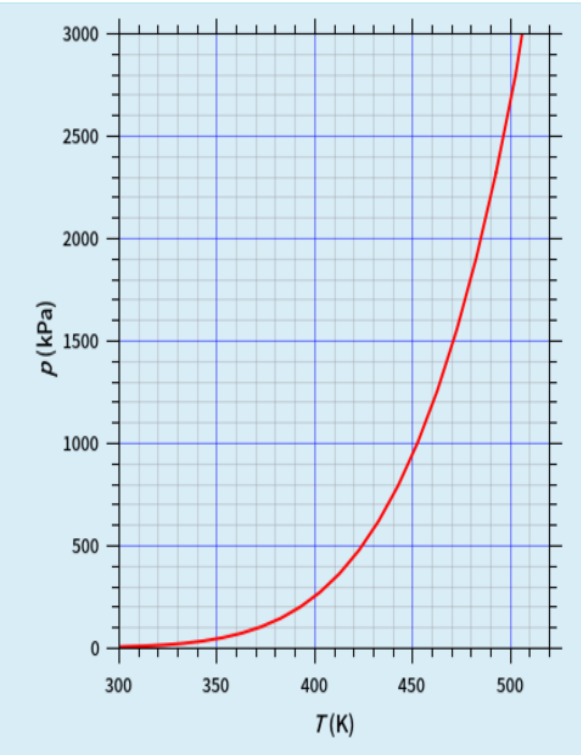
1 atm = $1{,}01 \times 10^5$ Pa

1. Sākumā novērtēsim, cik tad daudz ūdens ir atrodams kukurūzas graudā. Popkornu kārojošs skolnieks nosvēra, ka 200 kukurūzas graudi sver 21,0 g. Skolnieks ieber šos graudus nelielā katliņā, pielej nelielu daudzumu eļļas un vēlreiz nosver. Kopējā masa ir 105,6 g. Pēc tam viņš katliņu uzkarsē, līdz visi popkorna graudiņi ir pārsprāguši. Katliņš tiek atdzesēts līdz istabas temperatūrai un vēlreiz nosvērts. Kopējā masa tagad ir 103,6 g. Pieņemot, ka popkorna pagatavošanas laikā praktiski viss ūdens no kukurūzas graudiem ir iztvaikojis, bet eļļas iztvaikošanu var neievērot, vienā kukurūzas graudā esošā ūdens masa ir _____ g **[1 p]**, un sākotnēji ūdens veido _____ % **[1 p]** no grauda masas.

2. Tvaika spiediens graudā atkarīgs, protams, no tvaikam pieejamā tilpuma. Aptuveni novērtēsim šo lielumu, pieņemot, ka tas vienāds ar visa kukurūzas grauda tilpumu. 200 kukurūzas graudi tika iebērti mērcilindrā, kas piepildīts ar ūdeni līdz 50 mℓ atzīmei. Graudi nogrima. Tā rezultātā mērcilindra ūdens līmenis pacēlās līdz 65 mℓ atzīmei. Viena kukurūzas grauda tilpums (un tādējādi arī tvaikam pieejamais tilpums) ir _____ mℓ **[1 p]**.

3. Pieņemot, ka kukurūzas grauds pārsprāgst, kad tvaika spiediens tā iekšpusē sasniedz 10 atm, minimālā temperatūra, līdz kādai jāuzkarsē kukurūza, lai pagatavotu popkornu, ir ☐ °C **[1 p].**

Aprēķiniem izmantojiet 21. attēlā doto grafiku, kur attēlota piesātinātā ūdens tvaika parciālspiediena atkarība no temperatūras.



21. att.

4. Varam secināt, ka, izmantojot parastos (t. i., ne augstspiediena) katlus, popkornu var pagatavot šādos šķidrumos: **[1 p]**

Atbilde: Izvēlieties vienu vai vairākas:

- ☐ eļļā (vārīšanās temperatūra normālos apstākļos ir 300 °C)
- ☐ spirtā (vārīšanās temperatūra 78 °C)
- ☐ glicerīnā (vārīšanās temperatūra 290 °C)
- ☐ ūdenī

5. Pieņemsim, ka popkorna graudi sāk sprāgt pie tvaika spiediena 10 atm, tvaika temperatūras 175 °C un ka tvaikam pieejamais tilpums ir 0,075 mℓ (šīs vērtības var atšķirties no šī uzdevuma 2. un 3. punktā iegūtajām). Pieņemot, ka tvaiks ir piesātināts un ka tam var pielietot ideālās gāzes likumsakarības, tvaika masa vienā uzkarsētā kukurūzas graudā ir ☐ g **[1 p]**. Varam secināt, ka līdz 175 °C temperatūrai sakarsētajā kukuruzas graudā lielākā ūdens masas daļa ir

Atbilde: [1 p]

- šķidrā
- gāzveida
- cietā

agregātstāvoklī.

6. Brīdī, kad kukurūzas grauda apvalks plīst, notiek šādi procesi:

Atbilde: [1 p]

Izvēlieties vienu vai vairākas:

- ☐ atlikušais ūdens strauji iztvaiko
- ☐ grauda temperatūra strauji palielinās
- ☐ tvaiks strauji saraujas
- ☐ grauda temperatūra strauji samazinās
- ☐ viss graudā esošais tvaiks strauji kondensējas
- ☐ tvaiks strauji izplešas

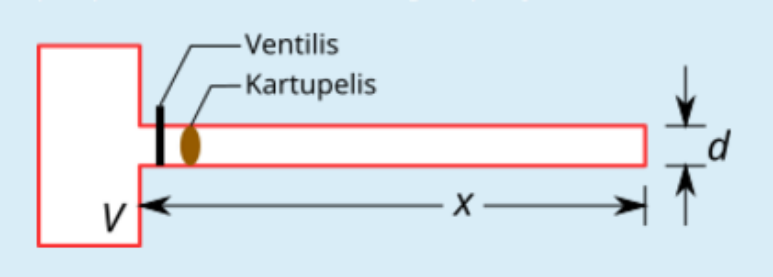
7. Līdz tik augstai temperatūrai sakarsētajā kukurūzas graudā ūdens kopā ar tvaiku un grauda „miesu“ veidojošo cieti veido mīkstu, želejveidīgu vielu, kas, graudam plīstot, sacietē kā putas, veidojot tik pazīstamo balto popkorna pārslu. Pieņemot, ka putas notur visu izdalījušos tvaiku un sacietē pēc spiediena līdzsvara iestāšanās, no viena kukurūzas grauda atbrīvojušos putu tilpums būs ☐ mℓ **[1 p]**. Pieņemt, ka pēc grauda plīšanas ūdens tvaiks joprojām ir piesātināts un tā spiediens vienāds ar atmosfēras spiedienu. Pēc sacietēšanas popkorna grauda tilpums tādējādi ir ☐ **[1 p]** reižu lielāks nekā sākotnējā kukurūzas grauda tilpums.

Risinot šo punktu, pieņemt, ka kopējā sākotnējā ūdens masa vienā graudā ir 0,01 g, bet grauda tilpums ir 0,075 mℓ (šīs vērtības var atšķities no šī uzdevuma 1. un 2. punktos iegūtajām).

N2017-11-2. KARTUPEĻU LIELGABALS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Šajā uzdevumā aplūkosim kartupeļu lielgabalu, ko darbina saspiests gaiss (22. att.). Kartupeļu lielgabals ir novietots horizontāli. Šis kartupeļu lielgabals sastāv no caurules, kuras diametrs ir d = 3 cm, garums x = 2 m, saspiestā gaisa tvertnes ar tilpumu V = 5 ℓ un spiedienu p = 400 kPa, savukārt caurulē un gaisā ir atmosfēras spiediens p_0 = 100 kPa. Kartupeļa masa ir m = 100 g, un tā izmērus var neņemt vērā. Pieņemsim, ka kartupelis pilnīgi noslēdz cauruli un tam apkārt gaiss neplūst, un ka temperatūra ir nemainīga.



22. att.

Berzi var neņemt vērā uzdevuma pirmajos trijos jautājumos. Jautājumos, kur jāizvēlas atbilde, tikai viena atbilde ir pareiza. Tālākajā uzdevumā apskatīsim, kas notiek, kad ventilis tiek atvērts.

1. Cik liels rezultējošais spēks F_1 darbojas uz kartupeli, kad tas atrodas caurules sākumā?
Atbilde: F_1 = ☐ N **[1 p]**

2. Cik liels rezultējošais spēks F_2 darbojas uz kartupeli, kad tas atrodas caurules beigās?
Atbilde: F_2 = ☐ N **[1 p]**

3. Aprēķini kartupeļa ātrumu, kad tas pamet cauruli. Pieņemsim, ka gaiss spiež uz kartupeli ar nemainīgu spēku F = 250 N visā caurules garumā.
Atbilde: v = ☐ m/s **[1 p]**

4. Pieņemsim, ka faktiskais kartupeļa ātrums, pametot cauruli, bija v = 60 m/s. Aprēķini berzes spēka vidējo vērtību caurulē. Pieņemsim, ka gaiss spiež uz kartupeli ar nemainīgu spēku F = 250 N visā caurules garumā.
Atbilde: F_b = ☐ N **[1 p]**

5. Kā atšķirtos kartupeļa ātrums pametot cauruli, ja gaiss varētu plūst ap kartupeli?

Atbilde: [1 p]

- Tas būtu mazāks, jo palielinātos gaisa spiediens atmosfērā.
- Tas būtu tāds pats.
- Tas būtu lielāks, jo gaisa impulss jāpieskaita kartupeļa impulsam.
- Tas būtu lielāks, jo spiediens iedarbotos uz lielāku laukumu.
- Tas būtu mazāks, jo straujāk samazinātos spiediens, kas paātrina kartupeli.

6. Šeit un tālāk aplūkosim, kas notiek, ja tiek atvērts ventilis, kad caurules gals ir noslēgts. Pieņemsim, ka berze nav vērā ņemama, un gaiss ap kartupeli plūst nevar.

Vai kartupelis var nonākt līdz caurules pašam galam?

Atbilde: [1 p]

- Nē, jo spiediens caurulē starp kartupeli un noslēgto galu nemainās.
- Jā, ja tvertnē būs lielāks spiediens.
- Jā, ja sākuma momentā caurulē būs lielāks spiediens.
- Nē, jo spiediens caurulē starp kartupeli un noslēgto galu samazinās apgriezti proporcionāli palikušajam attālumam.
- Jā, ja tvertnē būs mazāks spiediens.
- Nē, jo spiediens caurulē starp kartupeli un noslēgto galu pieaug tieši proporcionāli palikušajam attālumam.
- Jā, tas notiks šajā gadījumā.
- Nē, jo spiediens caurulē starp kartupeli un noslēgto galu pieaug apgriezti proporcionāli palikušajam attālumam.
- Nē, jo spiediens caurulē starp kartupeli un noslēgto galu samazinās tieši proporcionāli palikušajam attālumam.

7. Kādam nosacījumam jāizpildās punktā, kur kartupeļa paātrinājums ir nulle, un kur pēc ilgām svārstībām kartupelis apstāsies?

Atbilde: [1 p]

- Jābūt vienādiem gaisa tilpumiem abās pusēs kartupelim.
- Attālumam līdz kartupelim no abiem caurules galiem jābūt vienādiem.
- Jābūt vienādiem gaisa spiedieniem abās pusēs kartupelim.
- Spēku summai, kas darbojas uz kartupeli, jābūt vienādai ar spiedienu.
- To nav iespējam noteikt.

8. Cik liels būs spiediens rezervuārā, kad kartupelis apstāsies (arī šeit pieņemsim, ka kartupeļa apstāšanos izraisa berze, kas ir pārāk maza, lai to ņemtu vērā aprēķinos, bet pietiekami liela, lai izraisītu apstāšanos galīgā laika periodā).

Atbilde: p_2 = ☐ kPa **[1 p]**

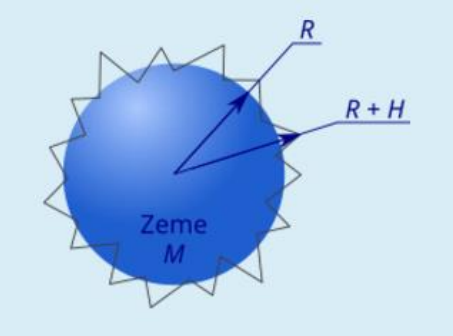
9. Cik liels ir kartupeļa pārvietojums no sākuma stāvokļa līdz apstāšanās punktam?

Atbilde: Δx = ☐ m **[1 p]**

N2017-11-3. GRAVIMETRIJA

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

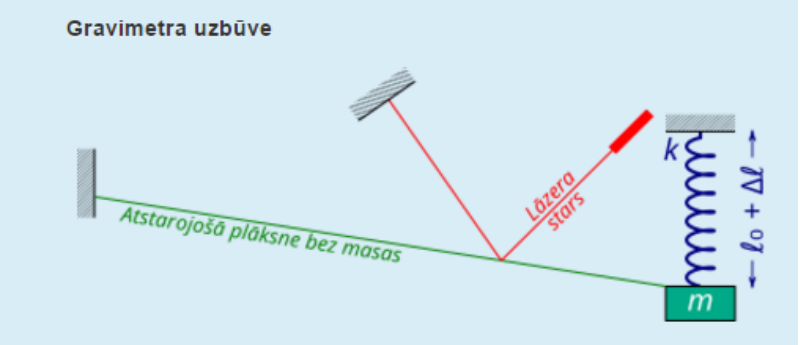
Brīvās krišanas paātrinājums ir atkarīgs no daudziem faktoriem. Kā dažus uzskatāmākos var minēt Zemes nehomogenitāti, rotācijas kustību, pazemes ūdens plūsmas, mijiedarbību ar tuviem, masīviem ķermeņiem, attālumu līdz masas centram. Šajā uzdevumā apskatīsim Zemes modeli, kas Zemes gravitācijas lauku apraksta, uzskatot, ka Zeme ir homogēna lode ar rādiusu R un masu M, taču kalni un ielejas maina augstumu H virs šīs lodes, uz kuras atrodas Zemes virsma (23. att.).



23. att.

Izmērīt brīvās krišanas paātrinājuma izmaiņu, pārvietojoties pa Zemes virsmu, var ar ideālu atsperi, kuras stinguma koeficients ir k un galā piestiprināts atsvars ar masu m. Jāņem vērā, ka brīvās krišanas paātrinājuma izmaiņas ir tik niecīgas, ka atsperes deformācija būtu praktiski neievērojama.

Gravimetru veido atsvars m, kas piestiprināts atsperei, kuras stinguma koeficients k. Lāzera stars ļauj detektēt pat nelielas garuma ℓ izmaiņas (24. att.).



24. att.

1. Kā mērīt brīvās krišanas paātrinājuma izmaiņu?

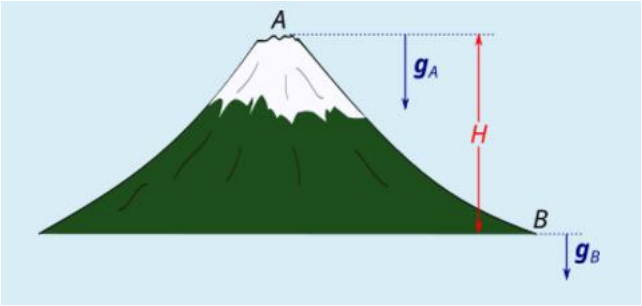
Zemi modelēsim kā homogēni piepildītu lodi ar masu $M = 6{,}0 \times 10^{24}$ kg un rādiusu $R = 6300$ km, kura atrodas miera stāvoklī (gan virzes, gan rotācijas kustība ir neievērojami maza). Gravitācijas konstante $G = 6{,}6 \times 10^{-11}$ $m^3kg^{-1}s^{-2}$. Aplūkosim atsperi, kuras viens gals stabili nostiprināts attiecībā pret Zemes virsmu, taču otrs gals var bez berzes kustēties gravitācijas spēka virzienā un savienots ar masu $m = 15$ g. Dots, ka nedeformētas atsperes garums $\ell_0 = 15$ cm un stinguma koeficients $k = 0{,}050$ N/m.

A Aprēķini atsperes pagarinājumu $\Delta\ell$ līdzsvara stāvoklī, ja gravimetrs novietots kalna pakājē? Var uzskatīt, ka lodīte m atrodas attālumā R no Zemes masas centra.

Atbilde: $\Delta\ell =$ ☐ m **[1 p]**

Šāda tipa gravimetrs parasti mēra tikai brīvās krišanas paātrinājuma izmaiņu. Gravimetrs tiek pārnests no punkta B, kas atrodas kalna pakājē uz punktu A, kas atrodas kalna virsotnē (25. att.). Punktos A un B novērotais brīvās krišanas paātrinājums g atšķiras.

B Aprēķini brīvās krišanas paātrinājuma izmaiņu, pārejot no kalna pakājes uz kalna virsotni, ja kalna augstums H = 2 km, un Zemi var modelēt kā homogēni piepildītu lodi ar masu $M = 6{,}0 \times 10^{24}$ kg un rādiusu R = 6300 km!



25. att.

Atbilde:

Brīvās krišanas paātrinājums

- palielinās
- samazinās

par ☐ m/s^2. **[1 p]**

C Gravimetrijā mēdz lietot CGS sistēmu, kur paātrinājuma mērvienība ir gals vai galileo (Gal), un 1 Gal = 1 cm/s^2. No tā var veidot arī atvasinātās mērvienības (piemēram, 1 Gal = 10^3 mGal).

Pārveidot:

Atbilde: 2×10^{-4} m/s^2 = ☐ mGal. **[1 p]**

D Atsperes attālumu gravimetrā ir iespējams mērīt ar precizitāti līdz $\delta\ell$ = 1 μm. Ar cik lielu precizitāti δg ir iespējams izmērīt brīvās krišanas paātrinājuma izmaiņu?

Izmanto datus: gravimetrā ir atspere, kuras garums nedeformētā stāvoklī ir ℓ_0 = 15 cm, stinguma koeficients ir k = 0,050 N/m, un kurai piestiprināts atsvars ar masu m = 15 g. Var pieņemt, ka izmērāmais brīvās krišanas paātrinājums ir ļoti tuvs g = 9,81 m/s^2.

Atbilde: δg = ☐ m/s^2 **[1 p]**

E Kā iespējams uzlabot gravimetra izšķirtspēju (samazināt iepriekš izrēķināto δg)? **[1 p]**

Katrā logā izvēlies vienu atbildi.

Atbilde1:

- Izmantot tikpat resnu, bet garāku atsperi no tā paša materiāla
- Izmantot tikpat resnu, bet īsāku atsperi no tā paša materiāla
- Atsperes garums neietekmē precizitāti

Atbilde2:

- Izmantot tikpat garu, bet resnāku atsperi no tā paša materiāla
- Izmantot tikpat garu, bet tievāku atsperi no tā paša materiāla
- Atsperes resnums neietekmē precizitāti

Atbilde3:

- Palielināt apkārtējās vides blīvumu
- Samazināt apkārtējās vides blīvumu
- Vides blīvums neietekmē precizitāti

Atbilde4:

- Palielināt atsvara masu
- Samazināt atsvara masu
- Atsvara masa neietekmē precizitāti

Mērījumu precizitāti ietekmē apkārtējās vides svārstības, kuras cenšas slāpēt ar dinamiskās stabilizācijas paņēmieniem. Īpaši lielu ietekmi rada svārstības, kas sakrīt ar atsperes pašsvārstību frekvenci.

F Cik liela ir gravimetra pašsvārstību frekvence, ja atsperes garums nedeformētā stāvoklī ir $\ell_0 = 15$ cm, stinguma koeficients ir $k = 0{,}050$ N/m, un tai pievienotā atsvara masa $m = 15$ g? Pieņemt, ka brīvās krišanas paātrinājums ir $g = 9{,}81$ m/s^2.

Atbilde: $f =$ ☐ Hz **[1 p]**

2. Kā mērīt brīvās krišanas paātrinājuma absolūto vērtību?

Vienkāršākais veids, kā pietiekami precīzi izmērīt brīvās krišanas paātrinājumu, ir izmantot tā saukto matemātisko svārstu, t. i. vieglā diegā iekārtu lodīti ar masu m.

A Cik liels ir brīvās krišanas paātrinājums, ja matemātiskais svārsts laikā $t = 21$ s veic $N = 10$ svārstības?

Pieņemsim, ka matemātisko svārstu veido lodīte ar masu $m = 100$ g, kas iekārta diegā attālumā $\ell_0 = 0{,}9$ m no piekāršanas punkta. Šī brīvās krišanas paātrinājuma vērtība var nesakrist ar g.

Atbilde: $g_T =$ ☐ m/s^2 **[1 p]**

B Zināms, ka kādā punktā M brīvās krišanas paātrinājums ir $g_M = 9{,}810$ m/s^2, bet citā punktā L brīvās krišanas paātrinājums ir $g_L = 9{,}811$ m/s^2. Aprēķini matemātiskā svārsta svārstību perioda izmaiņu, pārejot no punkta M uz punktu L. Pieņemsim, ka matemātisko svārstu veido lodīte ar masu $m = 100$ g, kas iekārta diegā attālumā $\ell_0 = 0{,}9$ m no piekāršanas punkta.

Atbilde: [1 p]

Svārstību periods

- samazinās
- palielinās

par ☐ s

C Mūsdienās nav problēmu mērīt svārstību periodu ar precizitāti $\delta t = 1$ μs. Ar cik lielu precizitāti δg šajā gadījumā ir iespējams mērīt brīvās krišanas paātrinājumu, izmantojot matemātisko svārstu? Matemātiskā svārsta lodītes masa $m = 100$ g, lodīte iekārta diegā attālumā $\ell_0 = 0{,}9$ m no piekāršanas punkta un izmērāmais brīvās krišanas paātrinājums ir ļoti tuvs $g = 9{,}81$ m/s^2.

Atbilde: $\delta g =$ ☐ m/s^2 **[1 p]**

3. Kurš vai kuri no šiem iemesliem traucē izmērīt brīvās krišanas paātrinājumu ar ļoti augstu precizitāti, izmantojot matemātisko svārstu?

Atbilde: [1 p]

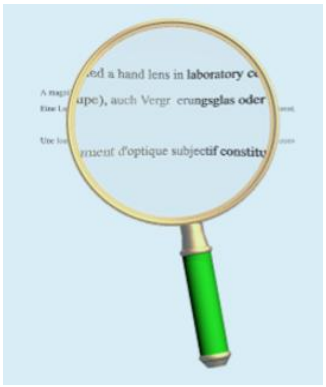
Izvēlieties vienu vai vairākas:

- ☐ Gaisa pretestība
- ☐ Diega garums mainās kustības laikā
- ☐ Nav iespējams pietiekami precīzi izmērīt svārstību periodu
- ☐ Piekārtā ķermeņa masa mainās kustības laikā
- ☐ Nav iespējams pietiekami precīzi izmērīt attālumu starp piekāršanas punktu un masas centru
- ☐ Atbalsta punkts nedaudz svārstās

12. klase

N2017-12-1. OPTISKIE INSTRUMENTI

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.



26. att.

Lai izprastu optisko instrumentu (tādu kā mikroskops un teleskops) darbību, apskatīsim vienkāršāko ierīci objekta attēla palielināšanai: savācējlēcu, ko mēdz saukt arī par palielināmo stiklu (26. att.). Visā šajā uzdevumā uzskatīt, ka lēca ir plāna savācējlēca.

1. Lai lēca darbotos kā palielināmais stikls, priekšmets jānovieto starp lēcu un tās fokusu. Ja lēcas fokusa attālums ir $F = 30$ cm un priekšmets atrodas attālumā $d = 10$ cm no lēcas centra, tad veidojas

Atbilde 1: [0,2 p]	**Atbilde 2: [0,2 p]**	**Atbilde 3: [0,2 p]**
• reāls	• palielināts	• tiešs
• šķietams	• samazināts	• apgriezts

attēls attālumā $f =$ ☐ cm **[0,4 p]** no lēcas.

2. Palielināmajiem stikliem parasti optiskā stipruma un fokusa attāluma vietā tiek norādīts palielinājums. To rēķina, pieņemot, ka attēls veidojas cilvēkam labākās redzes attālumā $f = 30$ cm no lēcas. Cik lielā attālumā no lēcas šādā gadījumā atrodas priekšmets, ja lēcas fokusa attālums ir $F = 30$ cm?

Atbilde: $d =$ ☐ cm **[1 p]**

3. Apskatīsim citu lēcu, kurai, lai attēls atrastos attālumā $f = 30$ cm no lēcas, priekšmets jānovieto attālumā $d = 10$ cm no lēcas (šī vērtība var atšķirties no iepriekš izrēķinātās vērtības). Cik liels ir lēcas palielinājums (attēla izmēra attiecība pret objekta izmēru)?

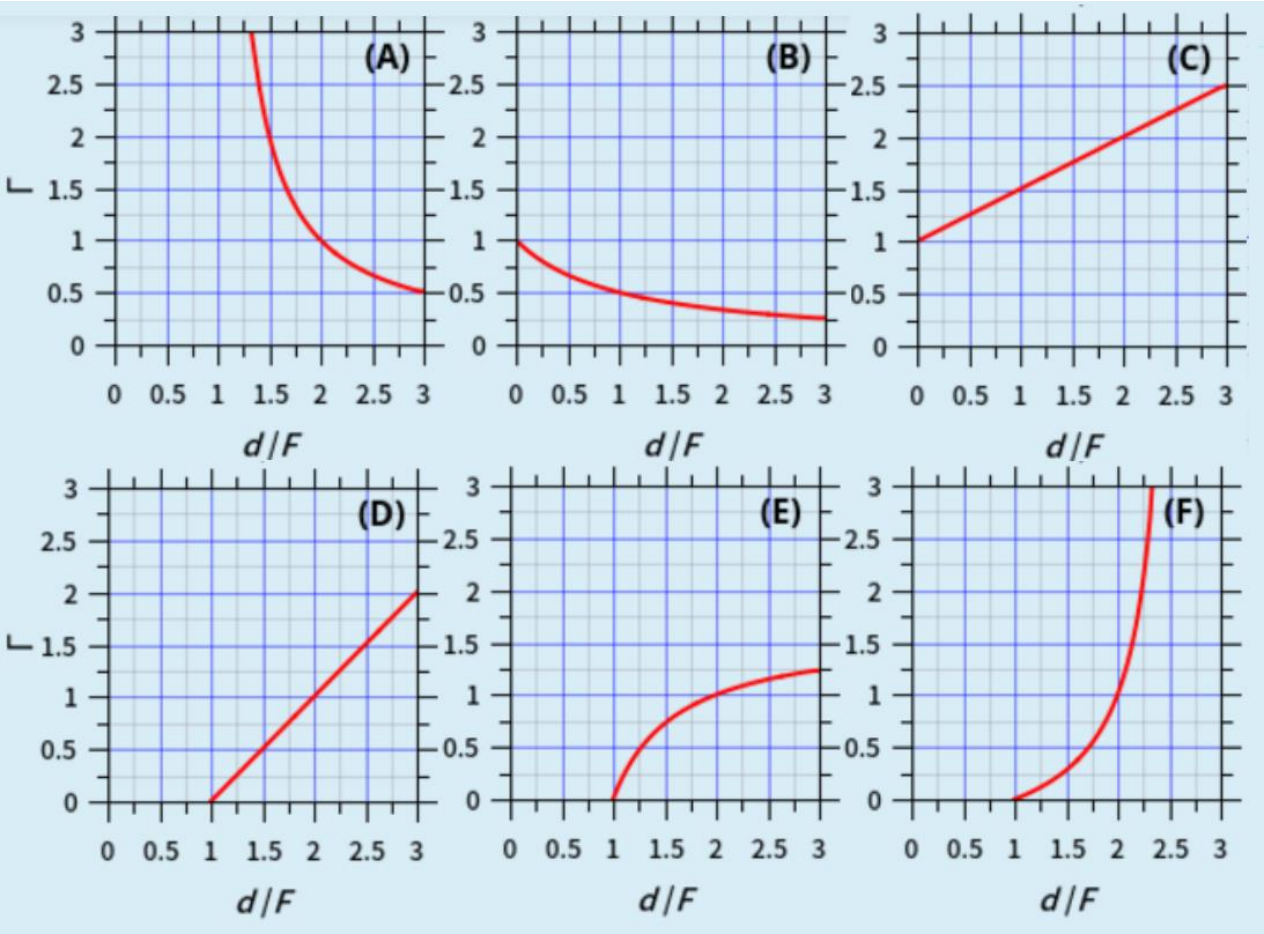
Atbilde: ☐ **[1 p]**

4. Apskatīsim citu lēcas pielietojumu. Lai apskatītu attēlu, nepieciešams to projicēt uz ekrāna. To, piemēram, dara acs lēca, projicējot attēlu uz tīklenes; digitālajā mikroskopā ar lēcas palīdzību attēls tiek projicēts uz CCD matricas. Acs gadījumā ass attēls tiek iegūts mainot lēcas optisko stiprumu, bet digitālajā mikroskopā ass attēls tiek iegūts pārvietojot lēcu.

Cik liels ir mazākais attālums no ekrāna (CCD matricas) kādā jānovieto lēca ar fokusa attālumu $F = 2$ cm, lai uz ekrāna projicētu asu priekšmeta attēlu, ja priekšmets atrodas attālumā $\ell = 9$ cm no ekrāna?

Atbilde: $f =$ ☐ cm **[1 p]**

5. Kā 4. punktā apskatītajā gadījumā mainās palielinājums? Kurā no 27. attēlā dotajiem grafikiem ir pareizi attēlots palielinājums Γ atkarībā no objekta attāluma *d* līdz savācējlēcai? Pieņemt, ka ekrāna attālums *f* līdz lēcai katru reizi tiek pielāgots tā, lai iegūtu asu attēlu.

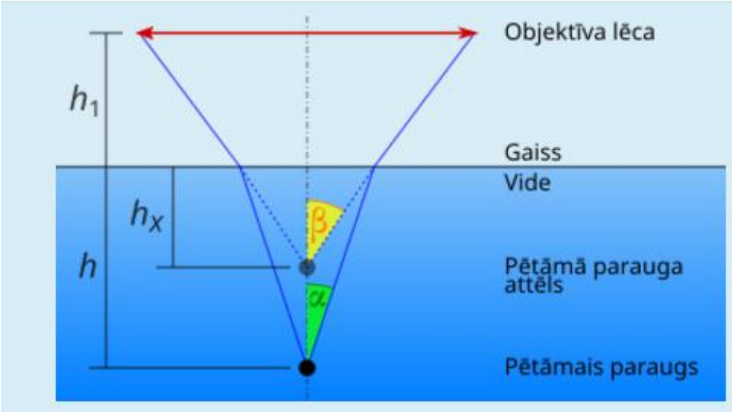


27. att.

Atbilde: [1 p]

• A • B • C • D • E • F

6. Optiskajā mikroskopijā bez palielinājuma ļoti svarīgs ir arī gaismas daudzums, kurš tiek savākts no parauga. Lai varētu izrēķināt gaismas daudzumu, kurš no parauga nonāk mikroskopā, ir nepieciešams aprēķināt, kā gaisma no parauga nonāk līdz objektīva lēcai (lēca mikroskopā, kas atrodas vistuvāk paraugam). Lai to izdarītu, izmantosim 28. attēlu.



28. att.

Objektīva lēcas diametrs ir 50 mm, un tā atrodas attālumā h_1 = 20 mm no vides, kurā atrodas pētāmais paraugs, virsmas. Aprēķināt leņķi α starp normāli un gaismas virzienu pie pētāmā parauga, kurā gaisma vēl nonāk uz

objektīva lēcas (mikroskopā). Vides laušanas koeficients ir $n = 1{,}44$. Šajā uzdevumā pieņemt, ka pētāmais paraugs atrodas pret lēcas centru tuvu pie vides virsmas ($h \ll h_1$). Atbildi dot grādos.

Atbilde: ☐ ° **[1 p]**

7. Palielinot objektīva lēcu un samazinot attālumu no vides, ir iespējams palielināt leņķa α vērtību. Tomēr eksistē maksimālā leņķa α vērtība, par kuru lielāku mēs nevaram iegūt, jo gaisma pie lielāka leņķa α vērtības vairs neizkļūst no vides. Aprēķināt maksimālo leņķa α vērtību, atbildi dodot grādos.

Atbilde: ☐ ° **[1 p]**

8. Lai palielinātu gaismas daudzumu, kas no parauga nonāk mikroskopā, gaisa spraugu starp parauga vidi un lēcu aizpilda ar ūdeni vai speciālu eļļu. Centīsimies saprast, kā mainās lēcas īpašības, ja to ievieto kādā citā vidē, kas nav gaiss.

Kā mainīsies savācējlēcas optiskais stiprums un fokusa attālums, ja lēcu ievietos ūdenī (ūdens atrodas abās pusēs savācējlēcai)? Zināms, ka lēca veidota no stikla ar laušanas koeficientu $n_s = 1{,}44$, bet ūdens laušanas koeficients ir $n_ū = 1{,}33$.

Atbilde: [1 p]

Izvēlieties vienu vai vairākas:

- ☐ savācējlēca kļūs par izkliedētājlēcu
- ☐ fokusa attālums samazināsies
- ☐ optiskais stiprums palielināsies
- ☐ fokusa attālums palielināsies
- ☐ fokusa attālums nemainīsies
- ☐ optiskais stiprums nemainīsies
- ☐ savācējlēca kļūs neredzama
- ☐ optiskais stiprums samazināsies

9. Kā mainīsies savācējlēcas optiskais stiprums un fokusa attālums, ja lēcu ievietos eļļā (eļļa atrodas abās pusēs savācējlēcai)? Zināms, ka lēca veidota no stikla ar laušanas koeficientu $n_s = 1{,}44$, bet eļļas laušanas koeficients ir $n_e = 1{,}52$.

Atbilde: [1 p]

Izvēlieties vienu vai vairākas:

- ☐ optiskais stiprums nemainīsies
- ☐ savācējlēca kļūs neredzama
- ☐ fokusa attālums nemainīsies
- ☐ savācējlēca kļūs par izkliedētājlēcu
- ☐ fokusa attālums palielināsies
- ☐ fokusa attālums samazināsies
- ☐ optiskais stiprums samazināsies
- ☐ optiskais stiprums palielināsies

10. Vēl viena problēma, ar ko saskaras mikroskopijā – ir hromatiskā aberācija jeb laušanas koeficienta atkarība no viļņa garuma.

Izmantosim savācējlēcu ar rādiusu $R = 20$ mm, kurai fokusa attālums pie violetās gaismas ir $F_v = 45$ mm, bet pie sarkanās gaismas ir $F_s = 46$ mm. Ja violets punktveida objekts tiek fokusēts uz ekrāna, kas atrodas attālumā $f = 90$ mm, tad tiek iegūts ass punktveida attēls. Neizmainot attālumus, violetā

objekta vietā tiek ievietots sarkans, kā rezultātā uz ekrāna iegūst sarkanu apli ar rādiusu *r*. Lai iegūtu asu sarkanu punktu, ekrāns bija jāpārvieto uz vietu, kas ir attālumā f_x = 94 mm no lēcas. Aprēķināt *r*.

Atbilde: *r* = ☐ mm **[1 p]**

N2017-12-2. POKEMON GO

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Šajā vasarā ļoti populāra kļuva papildinātās realitātes spēle, kuru bija iespējams spēlēt ar viedtālruņiem. Spēles ietvaros cilvēki ķēra virtuālas radības (pokemonus), kas dažādos laika posmos tika virtuāli dislocēti noteiktos punktos dabā. Līdz ar spēles nepārtraukto darbību telefonos plaši parādījās pirmās tehniskās problēmas, kas liedza spēlēt šo spēli ilgstoši. Viens no galvenajiem iemesliem bija bateriju ierobežotā kapacitāte un aplikācijas lielais elektroenerģijas patēriņš, kas ievērojami saīsināja spēles laiku. Tāpat nereti cilvēki sūdzējās par telefonu sakaršanu. Šajā uzdevumā apskatīsim dažādās tehniskās problēmas, to cēloņus un ierobežošanu.

1. Telefonu baterijām bieži vien uzrāda tās kopējo lādiņu, kad tās ir pilnībā uzlādētas, un visbiežāk tās norāda miliampērstundās (mAh), kas nozīmē, ka iespējams stundas garumā patērēt norādīto elektriskās strāvas apjomu. Cik lielam lādiņam SI vienībās atbilst baterijas kapacitāte *M* = 3000 mAh?

Atbilde: q = ☐ C **[1 p]**

2. Cik liela ir vidējā elektriskā jauda telefonam, ja zināms, ka baterijas kapacitāte ir *M* = 2150 mAh, spriegums *U* = 4,5 V un, ka lietotājs pusotras stundas laikā τ = 1,5 h iztērēja *k* = 18% elektroenerģijas no baterijas kopējā apjoma?

Atbilde: *P* = ☐ W **[1 p]**

3. Cik liela ir telefona vidējā pretestība R_v spēles laikā, ja spriegums ir *U* = 4,5 V, bet spēli lietotājs varēja spēlēt *t* = 3,5 h, pirms baterija izlādējās. Telefona baterijas kapacitāte *M* = 2150 mAh?

Atbilde: *R* = ☐ Ω **[1 p]**

4. Cik liela ir kopējā enerģija, kas tikusi patērēta, spēlējot spēli līdz baterija pilnībā izlādējās, ja baterijas kapacitāte ir *M* = 2150 mAh, bet spriegums *U* = 4,5 V.

Atbilde: *E* = ☐ J **[1 p]**

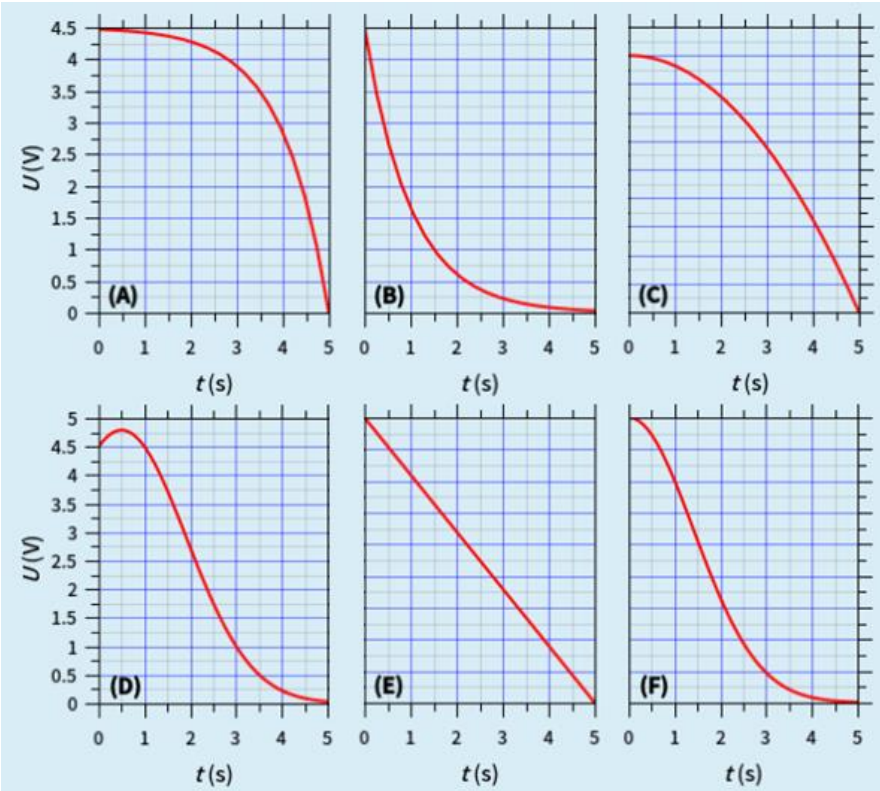
5. Ja aizvietotu bateriju ar kondensatoru, cik lielai būtu jābūt kapacitātei *C*, lai kondensators, uzlādēts līdz baterijas spriegumam *U* = 4,5 V, saturētu tikpat daudz enerģijas, cik baterija ar kapacitāti *M* = 2150 mAh?

Atbilde: *C* = ☐ F **[1 p]**

6. Kāds izskatītos kondensatora izlādēšanās grafiks (29. att.), ja kondensators sākotnēji tiktu uzlādēts līdz spriegumam U = 4,5 V un tā spailes būtu pieslēgtas pie nemainīgas pretestības?

Atbilde: [1 p]

• A • B • C • D • E • F



29. att.

7. Spēlētāja telefona specifikācijā bija minēts, ka baterijas spriegumam jābūt robežās no U_1 = 4,4 V līdz U_2 = 4,5 V. Pieņemsim, ka telefona darbināšanai izmanto kondensatoru ar kapacitāti C = 4000 F (atšķiras no iepriekš iegūtās vērtības), kas uzlādēts līdz baterijas maksimālajam spriegumam U_2. Cik minūtes lietotājs varētu spēlēt spēli, ja zināms, ka aplikācija patērē jaudu P = 1,3 W (atšķiras no iepriekš iegūtās vērtības)?

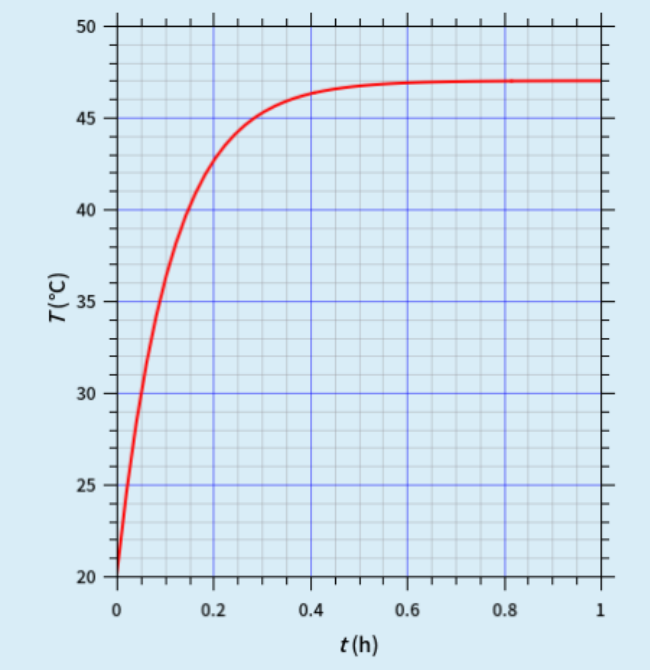
Atbilde:

t = _____ min **[1 p]**

8. Cik liels siltuma daudzums izdalās telefonā spēles gaitā? Telefona temperatūras T atkarība no laika t parādīta grafikā 30. attēlā.

Zināms, ka siltums, kas aizplūst no telefona laika vienībā, ir $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = c(T - T_V)$, kur konstante c = 0,11 W/°C un vides temperatūra T_v = 20 °C. Spēle tika spēlēta trīs stundas. Pieņemt, ka telefons visu spēles laiku patērē nemainīgu elektrisko jaudu.

Atbilde: ΔQ = _____ J **[1 p]**



30. att.

9. Pienākot ziemai, spēlētājs devās ārā, kad temperatūra $T_{v,zie}$ = –4 °C, un turpināja spēlēt iemīļoto spēli. Par cik grādiem mainījās maksimālā baterijas temperatūra, salīdzinot ar vasaru, kad ārā bija temperatūra $T_{v,vas}$ = 27 °C, ja zināms, ka spēlētājs vienlīdz ilgi spēlēja telefonu ziemā un vasarā.

Atbilde: ΔT = _____ °C **[1 p]**

10. Patiesībā gandrīz viss siltums telefonā rodas Džoula–Lenca silšanas rezultātā, elektroniem plūstot caur mikrovadiem, kuriem ir noteikta pretestība. Pašu operāciju izpildīšanas rezultātā izdalās ļoti maz siltuma. Teorētiski aprēķināta zemākā robeža, kāds enerģijas daudzums izdalās siltuma veidā pret vienu bināru operāciju istabas temperatūrā (nomainīšanu atmiņā no nulles līdz vieniniekam vai pretēji), ir $E = 2{,}75 \times 10^{-21}$ J. Telefons darbojās ar takts frekvenci $f = 1{,}4$ GHz (takts frekvence ir veikto bināro operāciju skaits vienā sekundē). Cik liela ir mazākā iespējamā jauda P, ko var patērēt telefons?

Atbilde: $P =$ ☐ W **[1 p]**

N2017-12-3. SATELĪTI

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Kopš pirmā mākslīgā Zemes pavadoņa palaišanas kosmosa telpu ap Zemi piepilda arvien vairāk pavadoņu. Daudz pavadoņu atrodas zemajās Zemes orbītās, jo to palaišanai nepieciešams vismazāk enerģijas, un augstākā ģeostacionārajā orbītā. Lielais pavadoņu daudzums raisa bažas, ka nefunkcionējošs pavadonis varētu saskrieties ar kādu citu, veidojot daudz atlūzu, kuras apdraudēs pārējos pavadoņus. Tāpēc pavadoņus to mūža beigās mēdz ievadīt atpakaļ atmosfērā, kur tie sadeg, vai arī mainīt to kursu, ievadot tos t. s. kapsētas orbītās.

Piezīme. Ķermenim ar masu m, atrodoties attālumā R no planētas ar masu M, potenciālā enerģija gravitācijas laukā ir vienāda ar

$$E_p = -G\frac{mM}{R}$$

kur $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ m^3/(kg·s^2) ir gravitācijas konstante. Zemes masa $M = 5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg.

1. Par ģeostacionāro orbītu sauc tādu riņķveida orbītu, kurā pavadoņa apriņķošanas periods ir viena diennakts un kura atrodas virs Zemes ekvatora, turklāt pavadonis riņķo Zemes rotācijas virzienā. Kurš no apgalvojumiem **nav** pareizs?

Atbilde: [1 p]

Izvēlieties vienu:

- Ja pavadonis atrodas ģeostacionārajā orbītā, tad nekustīgam novērotājam, kas pavadoni redz no Zemes, izskatās, ka pavadonis nekustas attiecībā pret Zemes virsmu.
- Ģeostacionārajā orbītā pavadonim ir mazāks brīvās krišanas paātrinājums nekā uz Zemes virsmas.
- Ķermenis ģeostacionārajā orbītā atrodas bezsvara stāvoklī.
- Ja pavadonis atrodas ģeostacionārajā orbītā, tad tā paātrinājuma vektors ir vērsts orbītas pieskares virzienā.
- Ja pavadonis atrodas ģeostacionārajā orbītā, tad novērotājs, kas pavadoni redz no Zemes, pēc vienas diennakts atkal ieraudzīs pavadoni tajā pašā vietā debesīs.

2. Par ģeosinhrono orbītu sauc tādu orbītu, kurā pavadoņa apriņķošanas periods ir viena diennakts. Kurš no apgalvojumiem **nav** pareizs?

Atbilde: [1 p]

Izvēlieties vienu:

- Ķermenis ģeosinhronajā orbītā atrodas bezsvara stāvoklī.
- Visām eliptiskajām ģeosinhronajām orbītām ir vienāds lielās pusass garums.
- Ir iespējamas tikai eliptiskas vai riņķveida ģeosinhronās orbītas.
- Ja pavadonis atrodas ģeosinhronajā orbītā, tad novērotājs, kas pavadoni redz no Zemes, pēc vienas diennakts atkal ieraudzīs pavadoni tajā pašā vietā debesīs.
- Potenciālā enerģija pavadonim ģeostacionārajā orbītā var būt gan mazāka, gan lielāka par enerģiju pavadonim ģeosinhronajā orbītā.
- Ja pavadonis atrodas ģeosinhronajā orbītā, tad nekustīgam novērotājam, kas pavadoni redz no Zemes, izskatās, ka pavadonis nekustas attiecībā pret Zemes virsmu.

3. Aplūkosim pavadoni ar masu m = 100 kg riņķveida orbītā ap Zemi. Orbītas rādiuss ir R = 7000 km. Ar cik lielu ātrumu lido pavadonis?

Atbilde: v = ☐ m/s **[1 p]**

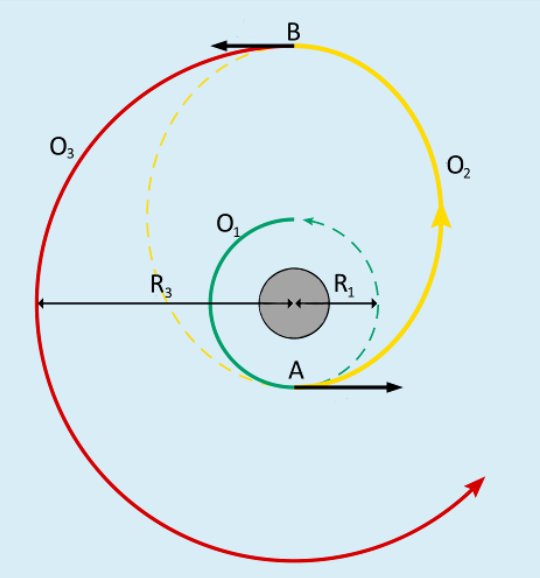
4. Pieņemsim, ka pavadoņa ātrums ir v = 5000 m/s (var nesakrist ar iepriekšējā punktā aprēķināto). Cik liels ir pavadoņa apriņķošanas periods? Orbītas rādiuss ir R = 7000 km.

Atbilde: T = ☐ s **[1 p]**

5. Aplūkosim pavadoni ģeostacionārajā orbītā. Cik liels ir šīs orbītas rādiuss?

Atbilde: R = ☐ km **[1 p]**

Aplūkosim pavadoni ar masu m = 100 kg riņķveida orbītā O_1 ar rādiusu R_1 = 30 000 km (31. att.). Pavadoni nepieciešams novirzīt uz kapsētas orbītu O_3, kas ir riņķveida orbīta ar rādiusu R_3 = 35 000 km. Lai to izdarītu, pavadoni vispirms ievada eliptiskā pārejas orbītā O_2, punktā A uz īsu brīdi ieslēdzot dzinēju un piešķirot paātrinājumu attēlā norādītajā virzienā. Līdzīgi, lai pārietu no orbītas O_2 uz O_3, pēc orbītas O_2 pusperioda punktā B arī uz īsu brīdi ieslēdz dzinēju, piešķirot paātrinājumu attēlā norādītajā virzienā.

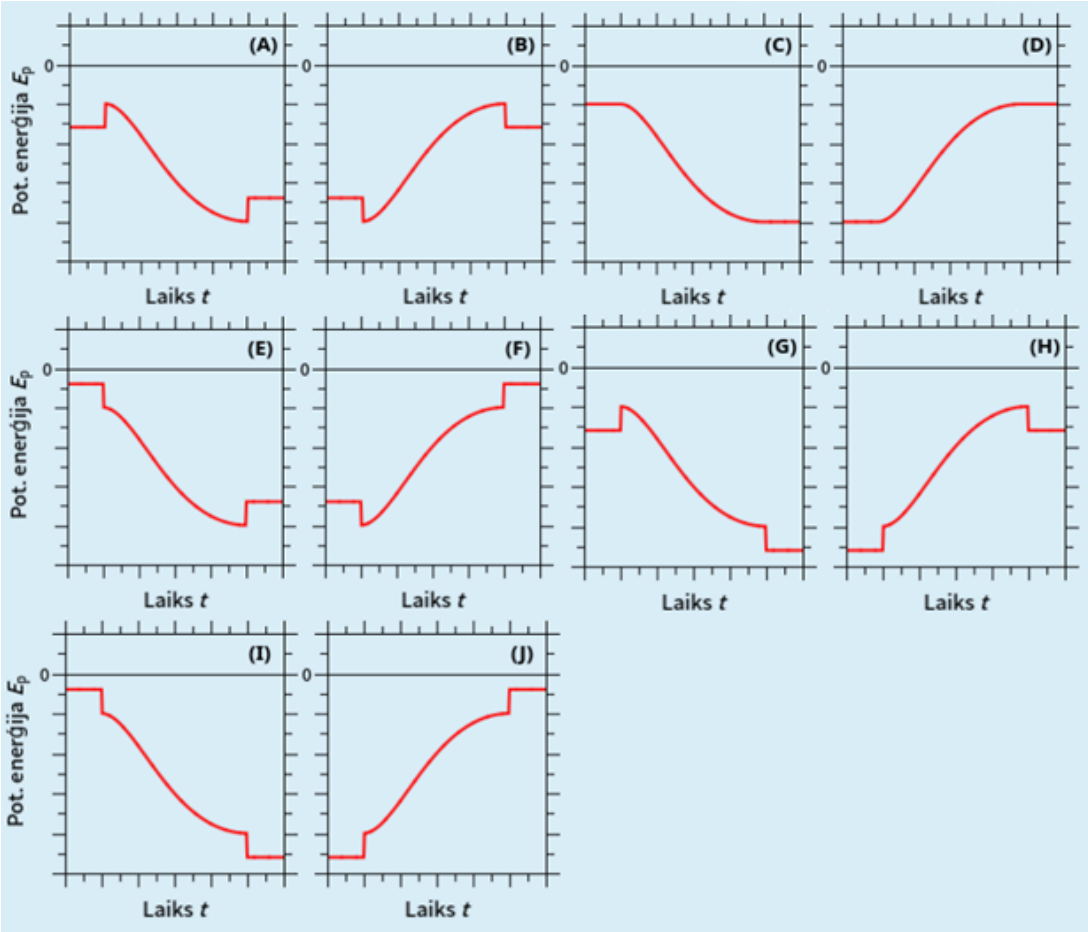


31. att.

6. Kurš no 32. attēla grafikiem pareizi apraksta pavadoņa potenciālo enerģiju atkarībā no laika, sākot īsi pirms orbītas nomaiņas manevra?

Atbilde: [1 p]

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- H
- I
- J

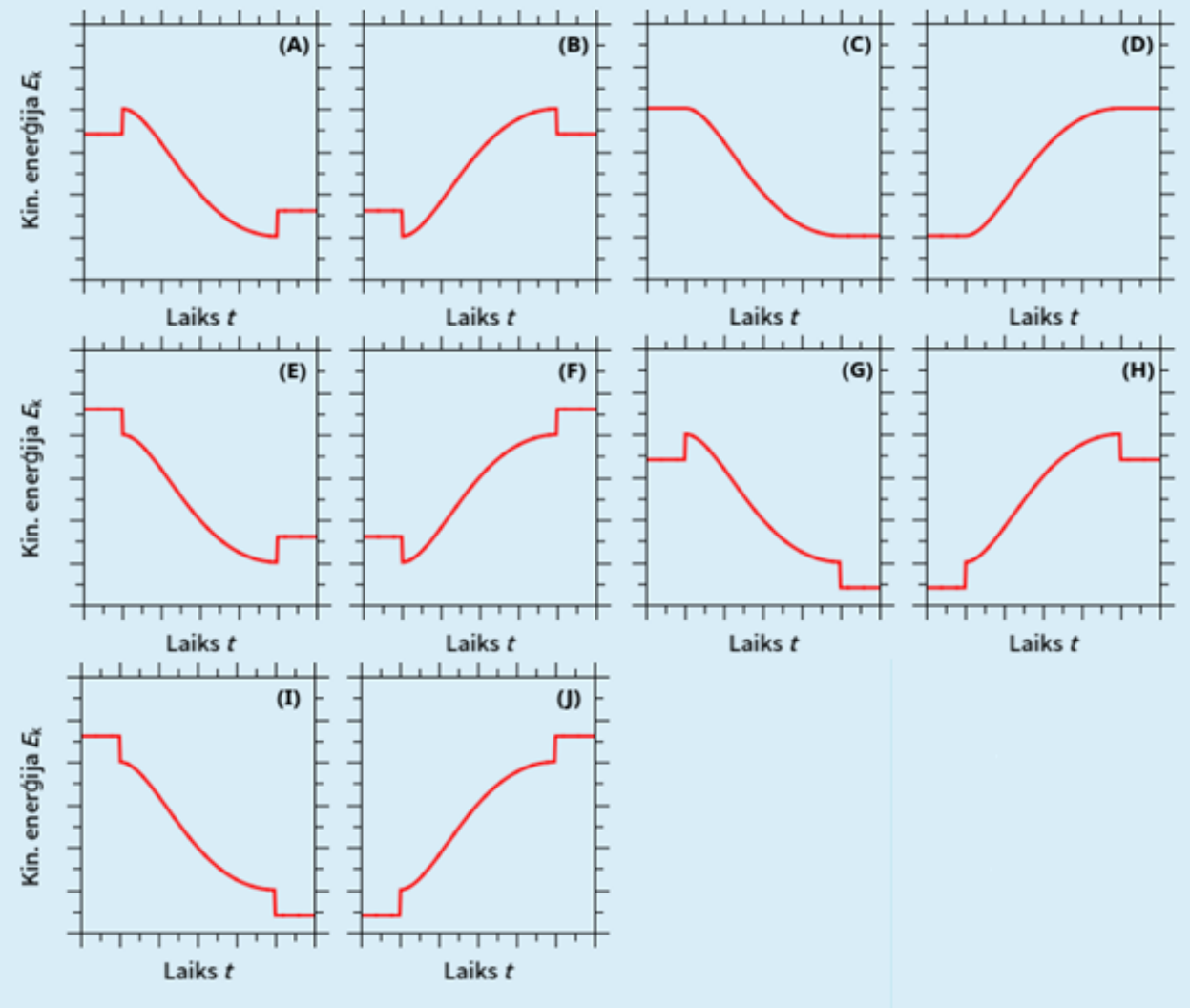


32. att.

7. Kurš no 33. attēla grafikiem pareizi apraksta pavadoņa kinētisko enerģiju atkarībā no laika, sākot īsi pirms orbītas nomaiņas manevra?

Atbilde: [1 p]

• A • B • C • D • E • F • G • H • I • J



33. att.

8. Cik liela ir pavadoņa pilna mehāniskā (kinētiskā un potenciālā) enerģija orbītā O_1?

Atbilde: E = _____ MJ **[1 p]**

9. Cik liels ir orbītas O_2 lielās pusass garums?

Atbilde: a = _____ km **[1 p]**

10. Pieņemsim, ka orbītas O_2 lielās pusass garums a = 40 000 km (var nesakrist ar iepriekšējā punktā aprēķināto) un pavadoņa apriņķošanas periods uz orbītas O_1 ir 20 h. Cik ilgā laikā pavadonis pāries no ģeostacionārās orbītas O_1 uz kapsētas orbītu O_3?

Atbilde: t = _____ h **[1 p]**

9. klase

V2017-9-1. BRAUCIENS UZ JAUNO FIZIĶU SKOLU

A Jauno Fiziķu Skolas dalībnieki brauca ar autobusu uz Rīgu pa šoseju ar atļauto ātrumu 80 km/h. Sākās stiprs lietus, un autobuss samazināja ātrumu līdz 70 km/h. Kad lietus beidzās, autobuss atkal brauca ar ātrumu 80 km/h. Autobuss iebrauca Rīgā par 15 minūtēm vēlāk nekā bija plānots. Cik ilgi lija lietus? **[3 p]**

B Lai atbrauktu uz Rīgu paredzētajā laikā, Jauno Fiziķu Skolas dalībnieki brauca ar autobusu uz Rīgu ar atļauto ātrumu 80 km/h. Sākās stiprs lietus, un autobuss samazināja ātrumu līdz 70 km/h. Kad lietus beidza līt, attālums līdz Rīgai bija vienāds ar 45 km. Lai būtu Rīgā laikā, autobusa vadītājs palielināja autobusa ātrumu līdz 90 km/h un atbrauca uz Rīgu paredzētajā laikā. Cik liels bija autobusa vidējais ātrums? Cik ilgi lija lietus? **[4 p]**

C Jauno Fiziķu Skolas dalībnieki brauca ar vairākiem autobusiem uz Rīgu pa šoseju, kura tika remontēta. Attālumā 5 km viens no otra bija uzstādīti vairāki luksofori, kuriem sarkanā gaisma dega 2 minūtes un arī zaļā gaisma dega 2 minūtes. Autobusi, braucot ar ātrumu 50 km/h, neapstājās ne pie viena no luksoforiem, jo "noķēra" zaļo vilni, piebraucot pie katra luksofora brīdī, kad tajā iedegās zaļā gaisma. Ar cik lieliem citiem atļautās kustības ātrumiem varētu neapstājoties braukt autobusi un piebraukt pie katra no luksoforiem brīdī, kad tajā iedegās zaļā gaisma, ja ātruma ierobežojums autobusam uz šosejas ir 80 km/h? **[3 p]**

V2017-9-2. OPTIKA – APGRIEZTAIS UZDEVUMS

Apgrieztie uzdevumi fizikā visbiežāk ir sarežģītāki – problēma ir apgriezta, ja notikuma rezultāts ir zināms, bet jāaprēķina tā cēloņi. Piemērs no optikas – mēs novērojam kāda objekta attēlu, bet mums jārekonstruē optiskā sistēma, kuras darbības rezultātā attēls izveidojās.

A Eksperimenta rezultātā vienīgais, ko ir iespējams novērot, ir objekts un tā attēls, bet diemžēl nav iespējams pateikt, kurš ir attēls un kurš ir objekts (34. att.). **[3 p]**

Vai ir iespējams viennozīmīgi rekonstruēt optisko shēmu, ja ir zināms, ka ir izmantota viena plāna lēca?

Izvēlēties pareizos apgalvojumus:

- Visi attēli, kurus mēs varam novērot ar aci, ir reāli.
- Ja lēcas veidotais attēls ir šķietams, tad tas ir arī tiešs.
- Ja lēcas veidotais attēls ir reāls, tad tas ir arī tiešs.
- Ar savācējlēcu iespējams iegūt tikai reālu attēlu.
- Ar izkliedētājlēcu iespējams iegūt tikai šķietamu attēlu.
- Šķietamu attēlu var iegūt – gan ar savācējlēcu, gan ar izkliedētājlēcu.
- Palielinātu attēlu var iegūt – gan ar savācējlēcu, gan ar izkliedētājlēcu.

34. att.

B Ir dots objekts un ir nepieciešams iegūt tā palielinātu, tiešu, šķietamu attēlu (sk. 35. att.).

B1 Kur ir jānovieto lēca lai iegūt vēlamo attēlu? Grafiski atrast lēcas optisko centru. **[1 p]**

B2 Kur atrodas lēcas fokuss? Grafiski atrast lēcas fokusu. **[2 p]**

B3 Kāda tipa lēca ir jāizmanto – izkliedētājlēca vai savācējlēca? **[1 p]**

Nepieciešamās konstrukcijas B uzdevumā veikt, izmantojot doto 35. attēlu.

35. att.

C Mērķis ir noprojicēt uz ekrāna attēlu, kas ir 4 reizes lielāks par priekšmetu. Priekšmets atrodas 3 metru attālumā no ekrāna.

C1 Kādā attālumā no ekrāna ir jānovieto lēca, lai iegūtu vēlamo attēlu? **[1 p]**

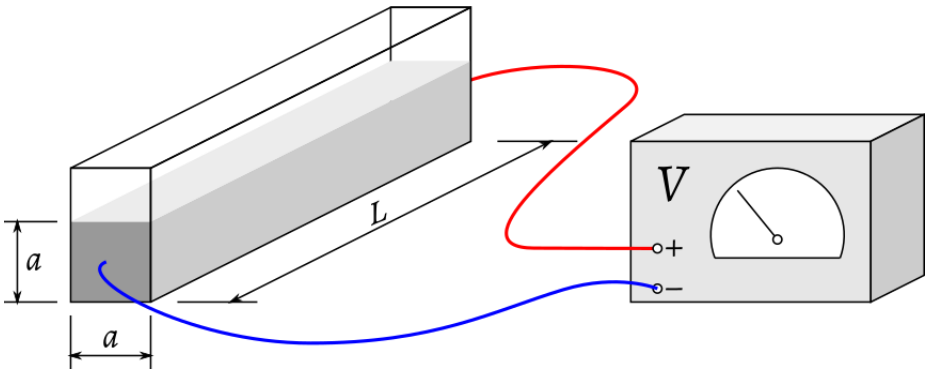
C2 Kādam ir jābūt lēcas optiskajam stiprumam? **[1 p]**

C3 Vai iegūtais attēls būs reāls vai šķietams? **[0,5 p]**

C4 Kāda tipa plānā lēca jāizmanto, lai iegūtu vēlamo attēlu – savācējlēca vai izkliedētājlēca? **[0,5 p]**

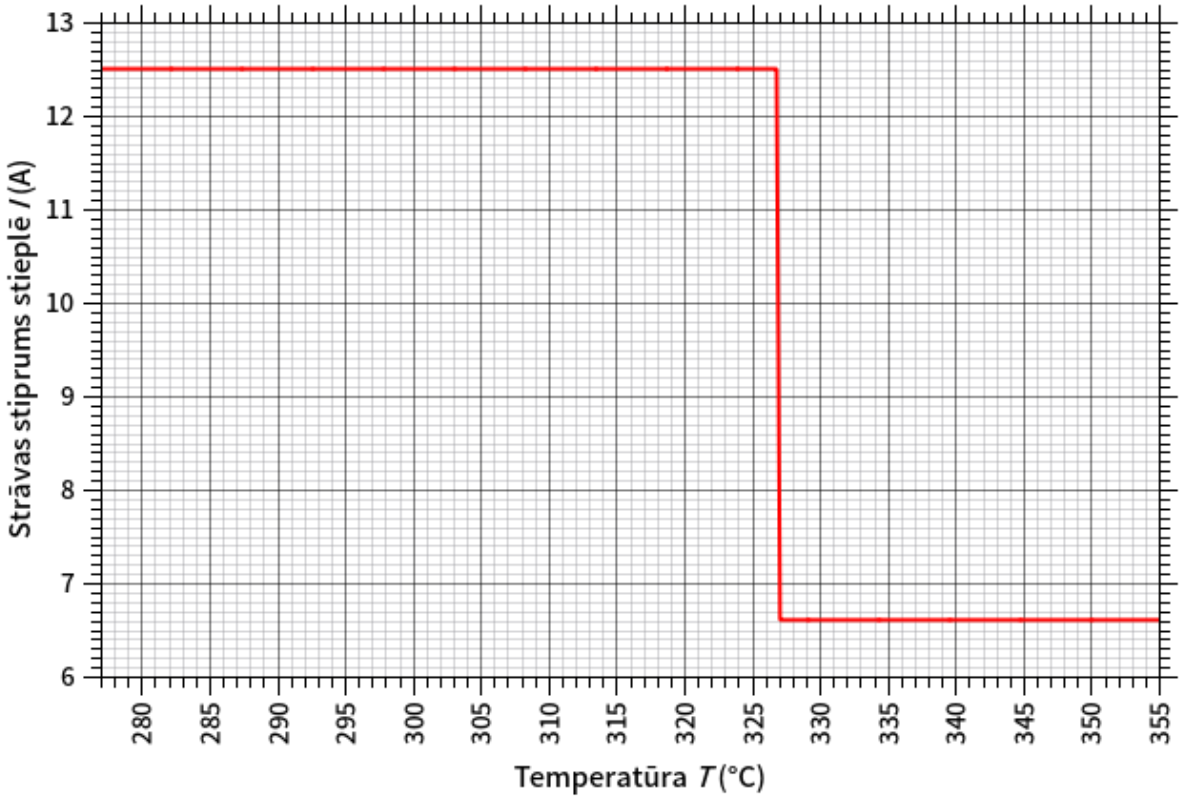
V2017-9-3. KAUSĒŠANA AR ELEKTRISKO STRĀVU

Svina stieples garums L = 1,0 m, un tās kvadrātveida šķērsgriezuma laukums a x a = (1,0 × 1,0) mm^2. Stieple ir ievietota siltumizturīgā elektroizolējošā formā ar tādu pašu garumu un platumu, kurai ir atvērta augšējā daļa un noslēgti gali. Formu kopā ar stiepli sakarsē līdz temperatūrai 277 °C, un tad stiepli pievieno barošanas avotam ar spriegumu 6 V, kā parādīts 36. attēlā.



36. att.

Caur stiepli plūstošās strāvas stiprums ir atkarīgs no temperatūras tā, kā ir parādīts 37. attēlā.



37. att.

A Cik liela ir svina kušanas temperatūra? **[1 p]**

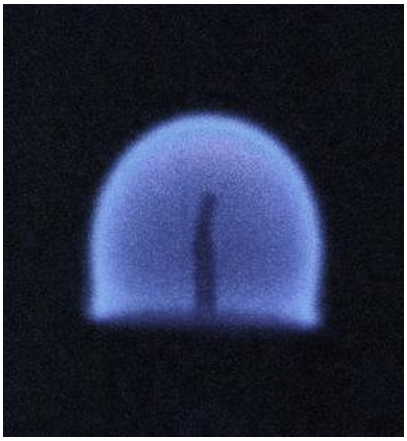
B Cik liela ir cieta svina īpatnējā pretestība? **[3 p]**

C Zinot, ka šķidra svina īpatnējā pretestība ir 0,96 $\mu\Omega \cdot$ m, noteikt cieta un šķidra svina blīvumu attiecību. **[3 p]**

D Procesi, kas atbilst 37. attēlā redzamā grafika horizontālajiem posmiem, norisinājās vienādu laiku. Noteikt cieta un šķidra svina īpatnējās siltumietilpības attiecību. **[3 p]**

Eksperimentālā kārta. Demonstrējums.
V2017-9-D. SVECES UN GRAVITĀCIJA

38. attēlā redzams, kā parasta svece deg bezsvara stāvoklī (kosmosa kuģī), ja apkārt tai nodrošina normālu Zemes atmosfēru. Pēc pāris minūtēm vai ātrāk tā pati nodziest. Aplūkosim tepat uz Zemes eksperimentus, kas saistīti ar šo problēmu!



38. att.

Izskaidrojiet eksperimentus un atbildiet uz jautājumiem!

A Pietiekami lielā un platā stikla burkā nostiprinātas divas sveces. Viena ir gara, bet otra īsa. Ja sveces aizdedzinām, tās deg ilgi, kamēr izdeg. Bet pavērojiet, kas notiek, ja burku apsedz ar vāku!

A1. Kura svece nodziest pirmā un kāpēc? **[2 p]**

A2. Salīdziniet to gaisa molekulu masu, kas nepieciešamas degšanai ar to molekulu masu, kas radušās degšanas procesā un izskaidrojiet eksperimenta iznākumu! **[2 p]**

B Uz galda stāv svece. Aizdedzām to. Ņemam stikla cauruli ar vaļējiem galiem. Uzliekam cauruli vertikāli uz galda tā, lai tās lejasdaļa ietvertu sveci. Vērojiet, kas notiek.

Noņemam cauruli, atkal aizdedzam sveci. Ievietojam caurulē starpsienu, kas sadala to gareniski divās daļās. Uzliekam cauruli ar starpsienu uz galda, ietverot sveci. Vērojiet, vai starpsiena eksperimentā ko maina! Pēc kāda laika izņemam starpsienu no caurules. Vērojiet, kas notiek ar sveci!

B1. Kāds iznākums ir eksperimentam ar cauruli bez starpsienas, kāpēc? Ar ko šī eksperimenta nosacījumi atšķiras no eksperimenta ar burku? Abos gadījumos taču trauka augšgals sākumā ir atvērts. **[2 p]**

B2. Kā starpsienas klātbūtne maina eksperimenta iznākumu? Kas notiek, ja eksperimenta laikā starpsienu izņemam? **[1 p]**

B3. Ko dod caurules sadalīšana divās daļās? Vai šo daļu lomas eksperimentā varētu atšķirties? Kas varētu būt sadalījis lomas? Vai, atkārtojot eksperimentu, lomas vienmēr sadalīsies identiski? **[2 p]**

B4. Kāpēc kosmosa kuģī sveces liesmai ir tik savāda forma un svece drīz nodziest? **[1 p]**

Eksperimentālais uzdevums
V2017-9-E. ĪPATNĒJĀS SILTUMIETILPĪBAS NOTEIKŠANA

Darba uzdevumi

1) Noteikt materiāla īpatnējo siltumietilpību, ja zināma ūdens siltumietilpība $c_{ūd}$ = 4200 J/(kg·°C) **[1 p]**
2) Īsi aprakstīt mērījumu veikšanas metodi. Uzrakstīt formulu nezināmās īpatnējās siltumietilpības aprēķināšanai **[1 + 3 p]**
3) Kvalitatīvi novērtēt, kas darbā rada īpatnējās siltumietilpības noteikšanas kļūdu. Nosaukt pēc iespējas visus faktorus, sakārtojot tos dilstošā secībā pēc to svarīguma. **[2 p]**
4) Veikt vairākus mērījumus ar nemainīgu ūdens un pētāmā materiāla masu pie dažādām karstā ūdens temperatūras vērtībām. Grafiski noteikt pētāmā objekta īpatnējo siltumietilpību. **[3 p]**
   Norādījums: pieņemt, ka $c_{ūd}$ nav atkarīgs no temperatūras.

Darba piederumi:

1) Svari
2) Ūdens ar dažādu temperatūru (termosos un traukos)
3) Pētāmais materiāls
4) Datu uzkrājējs un divi temperatūras sensori
5) Trauki (siltumizolēta glāze, termoss, mērglāze)
6) Pipete
7) Karote

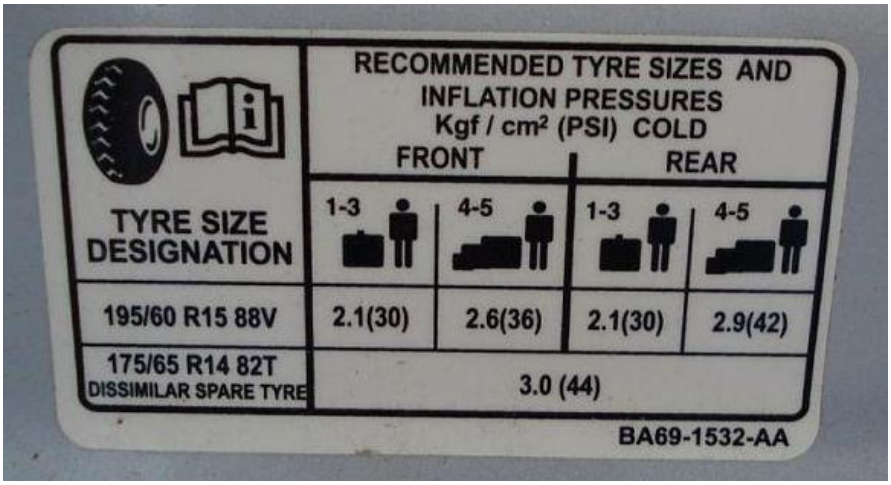
Jāpievērš uzmanība

- Lai veiktu mērījumus ar datu uzkrājēju, nospiež pogu ➤.
- Pārvietojoties ar bultiņām ▼▲, izvēlas režīmu *Meter* jeb Mērījumi. Režīmu ieslēdz, nospiežot pogu ➤.
- Temperatūras vērtības rāda attiecīgi pie skaitļa 1) un 2) atbilstošie temperatūras sensori, kas pieslēgti pirmajā un otrajā pieslēguma vietā.
- Ja kādu laiku neizmanto datu uzkrājēju, tas "aizmieg". Nospiežot pogu ➤, var "atmodināt" ekrānu.
- Lai izietu no mērījumu režīma, nospiež pogu ■.

10. klase

V2017-10-1. RIEPAS PIEPUMPĒŠANA

Automašīnu ražotāji parasti uzraksta, līdz kādam spiedienam ir jāpiepumpē riepas. Pie mazas slodzes ieteicamais spiediens ir mazāks, nekā pie lielas slodzes (sk. 39. att.). Autovadītājam var rasties jautājums: kad ir jāpiepumpē riepas – pirms vai pēc slodzes palielināšanas? Šajā uzdevumā meklēsim atbildi uz šo un citiem jautājumiem.



39. att. Ražotāja ieteiktais spiediens automašīnas riepās.
Fotogrāfija no https://forum.lowyat.net/topic/2978872/+1420

Pieņemsim, ka automašīnas masa kopā ar pasažieriem un bagāžu (turpmāk: automašīnas masa) mazas slodzes gadījumā ir 1500 kg, bet lielas slodzes gadījumā 2000 kg. Auto ir konstruēts tādā veidā, lai automašīnas svars abos gadījumos tiktu sadalīts vienmērīgi uz visiem 4 riteņiem. Ražotāja ieteiktais riepu spiediens pie mazās slodzes ir 2 atmosfēras, bet pie lielās slodzes tas ir 2,7 atmosfēras (vērtības neatbilst 39. attēlam). Pieņemsim, ka gan priekšējo, gan aizmugurējo riteņu riepās ieteicamie spiedieni ir vienādi. Brīvās krišanas paātrinājums ir g = 9,8 m/s^2. 1 atm = 101 kPa.

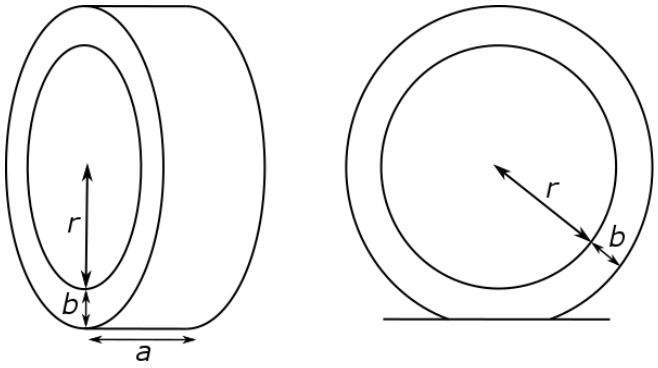
A Cik liels ir vienas riepas kontaktvirsmas laukums pie mazas slodzes (1500 kg) un standarta spiediena (2 atmosfēras)? **[1 p]**

B Cik liels ir vienas riepas kontaktvirsmas laukums pie lielas slodzes (2000 kg) un standarta spiediena (2 atmosfēras), t. i. kad autovadītājs aizmirsa piepumpēt riepas atbilstoši mašīnas svara izmaiņai? **[0,5 p]**

C Cik liels ir vienas riepas kontaktvirsmas laukums pie lielas slodzes (2000 kg) un palielinātā spiediena (2,7 atmosfēras)? **[0,5 p]**

Riepas kontaktvirsmas palielināšanās rada lielāku rites pretestību, tātad lielāku degvielas patēriņu un straujāku riepas nodilšanu, tāpēc ražotājs iesaka piepumpēt riepas palielinātās slodzes gadījumā. Ja autovadītājs piepumpē riepas pēc slodzes uzlikšanas, tad riepas kontaktvirsmas laukums atbilst standarta vērtībai.

Uzdevuma turpinājumā apskatīsim otru gadījumu: kad vadītājs piepumpē riepas pirms slodzes uzlikšanas.



40. att.

D Var pieņemt, ka piepumpētai riepai ir gredzenveida forma (sk. 40. att., pa kreisi) ar platumu a = 20 cm, biezumu b = 10 cm un iekšējo rādiusu r = 41 cm. Cik liels būtu riepas tilpums nedeformētā stāvoklī, t. i. kad mašīna ir pacelta gaisā, un riepa netiek deformēta automašīnas svara dēļ? **[1 p]**

E Ja mašīna stāv uz zemes, tad riepa deformējas (sk. 40. att., pa labi). Tomēr var pieņemt, ka abu riņķa līniju parametri (a = 20 cm, b = 10 cm, r = 41 cm), kas apskatīti iepriekšējā (D) jautājumā paliek nemainīgi visai riepai, izņemot kontakta vietu, bet pati kontakta virsma ir taisnstūris. Cik liels ir riepas tilpums pie mazas slodzes (1500 kg) un palielinātā spiediena (2,7 atmosfēras)? **[3 p]**

F Ir zināms, ka pie nemainīgas temperatūras un nemainīgā gāzes daudzuma, spiediens jebkurā traukā ir apgriezti proporcionāls tilpumam. Šo likumu var uzrakstīt arī kā pV = const.

Cik liels ir riepas tilpums un spiediens riepā, ja (E jautājumā apskatītās) automašīnas masu palielina līdz 2000 kg? Var pieņemt, ka riņķa līniju parametri – a = 20 cm, b = 10 cm, r = 41 cm paliek nemainīgi, un izmainās tikai riepas kontaktvirsmas laukums. Šajā uzdevuma punktā var izmantot grafisko metodi, jo atrisinājumu ir iespējams atrast tikai tuvināti. **[2 p]**

G Vai Jūs ieteiktu autovadītājam braukt, sākumā piepumpējot riepas līdz 2,7 atmosfērām, un tikai pēc tam uzlikt slodzi, ja kontaktvirsmas pieļaujamā izmaiņa ir $\pm$ 5%? Pamatojiet atbildi ar aprēķiniem! **[1 p]**

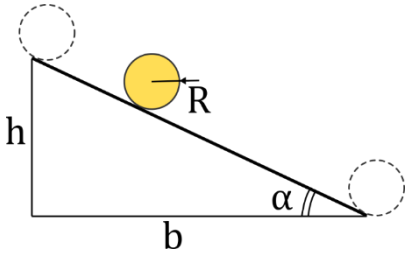
Ir zināms, ka sliktos ceļa apstākļos riepas kontaktvirsmas laukums ir jāpalielina, lai uzlabotu saķeri. Viens no piemēriem ir braukšana ar velosipēdu pa smiltīm. Ja riepu spiediens būs pārāk liels, riteņi "spolēs" un nekustēsies uz priekšu. Militārajā tehnikā un lauksaimniecības tehnikā izmanto pat elektroniskās sistēmas, kas var kontrolēt un nepieciešamības gadījumā mainīt riepu spiedienu.

H Pieņemsim, ka kādā dubļainā ceļā optimālais riepas kontaktvirsmas laukums ir 3 reizes lielāks par ražotāja ieteikto standarta vērtību (uz normāla ceļa automašīnas masa 1500 kg, spiediens riepās 2 atmosfēras). Cik lielam jābūt riepu spiedienam, lai mašīna ar masu 1500 kg varētu izbraukt pa dubļaino ceļu? **[1 p]**

V2017-10-2. SIERA RIPOŠANA NO KALNA

Ik gadu Kūpera kalnā (Anglija) notiek nu jau pasaules slavenās sacensības, kurās no kalna virsotnes tiek ripināts siera ritulis, savukārt pasākuma dalībnieki skrien lejup, mēģinot to noķert. Kaut arī realitātē siers bieži atlec no kalna, šajā uzdevumā pieņemsim, ka siers ripo bez slīdēšanas.

Kalnu tuvināti var apskatīt kā slīpo plakni (skat. 41. attēlu), kur attālums b = 90 m un leņķis $\alpha = 50°$, savukārt siera rituli – kā cilindru ar rādiusu R = 11 cm, garumu d = 8 cm un masu m = 3,5 kg. Siera sākotnējais lineārais un leņķiskais ātrums ir nulle; siera rituļa sākuma un beigu pozīcija ir parādīta ar raustītu līniju. Berzes koeficients $\mu = 0{,}5$.



41. att.

Brīvās krišanas paātrinājums g = 9,8 m/s^2. Cilindra inerces moments, tam rotējot ap simetrijas asi, ir

$$I = \frac{mR^2}{2}$$

Spēka moments rotācijas kustībā: $M = I\varepsilon$, kur I – inerces moments un ε – leņķiskais paātrinājums.

Rotācijas kinētiskā enerģija:

$$E_{krot} = \frac{I\omega^2}{2}$$

A Cik liels ir siera blīvums? **[0,5 p]**

B Aprēķināt kalna augstumu h un apgriezienu skaitu N, ko siers veic, noripojot lejā. **[1 p]**

C Cik liels ir berzes spēks, kas darbojas uz sieru? **[1,5 p]**

D Aprēķināt berzes spēka veikto darbu, sieram noripojot lejā. **[1 p]**

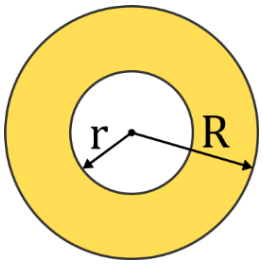
E Cik liels ir siera kustības beigu ātrums (kalna lejā)? **[1 p]**

F Sacensībās siera ritulim ir handikaps, jo to palaiž Δt = 1 s pirms cilvēku starta. Aprēķināt, cik lielu attālumu siers veic šajā laikā. **[1 p]**

G Cik ilgā laikā siers noripo lejā? **[1 p]**

H Aprēķināt minimālo berzes koeficientu, pie kura siers ripo bez slīdēšanas. **[1 p]**

I Peles siera vidū izgrauza caurumu ar rādiusu r = 8 cm (skat. 42. attēlu). Aprēķināt šāda siera masu un inerces momentu. Cik liels būs siera beigu ātrums? Siers ir homogēns. **[2 p]**



42. att.

V2017-10-3. PLUDIŅA DINAMIKA

Miera stāvoklī pludiņš, pie kura ir cieši piestiprināts āķis, ir iegremdēts ūdenī. Pludiņa un āķa kopējā masa ir m. Uzskatīsim, ka pludiņam ir cilindra forma ar pamatnes laukumu S. Ūdens blīvums ir ρ_0, brīvās krišanas paātrinājums ir g, āķa tilpumu neņemt vērā.

A Izteikt pludiņa svārstību frekvenci vispārīgā formā, ja pludiņš tiek izkustināts no miera stāvokļa. Ūdens pretestību neņemam vērā. **[3 p]**

Pie miera stāvoklī esošā āķa piepeldēja zivs un parāva to vertikāli uz leju ar ātrumu v_0. Pludiņš sāka svārstīties. Svārstību laikā viena pludiņa daļa vienmēr atrodas gaisā, otra – vienmēr ūdenī.

B Izteikt pludiņa svārstību amplitūdu vispārīgā formā. Ūdens pretestību neņemam vērā. **[2 p]**

C Attēlot pludiņa novirzi no miera stāvokļa $\Delta y(t)$ grafiski, ja ūdens pretestību ņem vērā, un divu pilno svārstību laikā amplitūda samazinās trīs reizes. Izmantot skaitliskās vērtības m = 50 g, g = 9,8 m/s^2, S = 10 cm^2, ρ_0 = 1 g/cm^3, v_0 = 50 cm/s. Grafikā attēlot četras pilnas svārstības. **[3 p]**

Darbojoties ar fizikas vienādojumiem, ir derīgi atcerēties, ka abām vienādojuma pusēm ir jāatbilst vienam un tam pašam fizikālajam lielumam. Citiem vārdiem sakot, abās pusēs ir jābūt vienādām dimensijām. Piemēram, ja vienādojuma kreisajā pusē stāv garums, bet labajā — masa, tad vienādojums ir nepareizi sastādīts. Šī atziņa dažreiz ļauj izvest gandrīz precīzas sakarības, nerisinot uzdevumu tiešā veidā. Galvenā neprecizitāte ir saistīta ar to, ka šīs pieejas ietvaros nav iespējams noteikt bezdimensionālos reizinātājus (piem., 2, ½, √3, π, u. tml.). Aprakstītā metode labi der nākamā punkta risināšanā.

D Pludiņam svārstoties, pa ezera virsmu sāk izplatīties viļņi. To ātrums var būt atkarīgs no ūdens blīvuma ρ_0, smaguma spēka paātrinājuma g un varbūt viļņa garuma λ. Izteikt pludiņa radīto viļņu izplatīšanas ātrumu un viļņa garumu vispārīgā formā. **[2 p]**

Eksperimentālā kārta. Demonstrējums.
V2017-10-D. CAURULES VICINĀŠANA

Demonstrētājs stāv uz ķebļa un vicina lokanu cauruli, lai tā grieztos ap horizontālu asi. Caurules galā piestiprināta svilpe. Demonstrētājs ar pārtraukumiem pūš gaisu otrā caurules galā, vienlaicīgi lēni griezdamies ap savu asi. Centieties saklausīt atšķirības skaņā atkarībā no caurules griešanās plaknes orientācijas pret klausītāju.

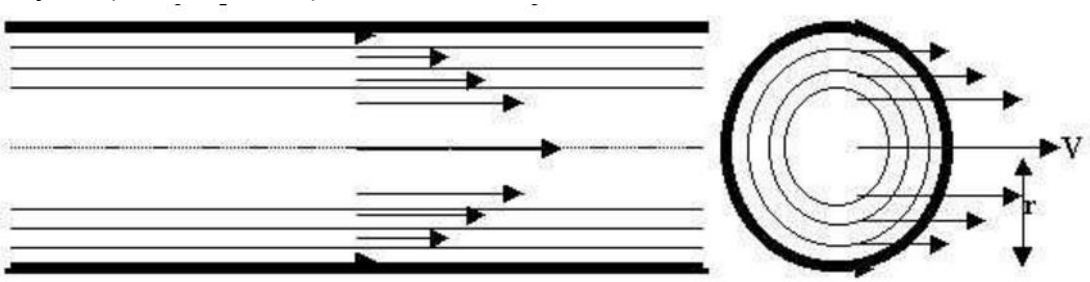
Izskaidrojiet dzirdēto un redzēto, atbildiet uz jautājumiem!

1. Kurš no skaņu raksturojošajiem fizikālajiem lielumiem vēl bez skaļuma kļūst periodiski mainīgs, kad rotācijas plakne ir tuva noteiktam stāvoklim attiecībā pret klausītāju? **[1 p]**
2. Kāds ir šis plaknes stāvoklis? **[1 p]**
3. Kas izraisa šīs periodiskās izmaiņas? **[1 p]**
4. Vai skaņas periodiskās izmaiņas reāli pastāv telpā, vai arī tās ir tikai šķietamas klausītāja ausij? Vai varat aprakstīt situāciju, kurā atbilde būtu pretējā? **[2 p]**
5. Ja pazināt demonstrēto parādību, nosauciet un īsi aprakstiet to! **[1 p]**
6. Vai demonstrētājs pats dzird demonstrējamo parādību? **[1 p]**
7. Aptuveni novērtējiet demonstrētā eksperimenta parametrus un ar vienkāršiem aprēķiniem pārbaudiet, vai pēc Jūsu izskaidrojuma versijas notiekošajai parādībai jābūt dzirdamai! **[3 p]**

Eksperimentālais uzdevums
V2017-10-E. ŪDENS VISKOZITĀTES KOEFICIENTA NOTEIKŠANA, MĒROT ŪDENS PLŪSMAS ĀTRUMU BEZ HRONOMETRA

Situācijas apraksts

Viskozitāte ir šķidrumu plūstamību raksturojošs parametrs, piemēram, kečupam un medum ir salīdzinoši liela viskozitāte, ūdenim ir mazāka (0,6 - 1,8 mPa·s) un gāzēm pavisam niecīga. Viskozitāte ir saistīta ar iekšējo berzi šķidrumā, tam plūstot caur cauruli. Berzes dēļ ūdens slānis, kas ir vistuvāk caurules sieniņām, kustas daudz lēnāk nekā ūdens slānis ūdens plūsmas centrā. Izveidojas paraboliskas ātrumu sadalījums (skat. 43. attēlu).



43. att.

Piepildot pudeli ar ūdeni un paceļot augstāk par caurules otru galu, pa cauruli sāk plūst ūdens.

Lai aprakstītu ūdens plūsmu caurulē, izmantosim Bernulli likumu:

$$p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho g h_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$$

$p_1 = p_2$;

$\rho g h_2 = 0$, jo ir saprātīgi zemāko punktu h_2 pieņemt par atskaites punktu;

$\frac{\rho v_1^2}{2} = 0$, jo ir saprātīgi pieņemt, ka plūsmas ātrums pudelē ir ļoti tuvu nullei, tāpēc to var neņemt vērā.

Līdz ar to Bernulli vienādojums kļūst par:

$$\rho g h_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} \;\Rightarrow\; \Delta p = \rho g h_1 - \frac{\rho v_2^2}{2}$$

kur Δp ir spiedienu starpība.

Ņemot vērā lamināras plūsmas (bez turbulences) viskozitāti Bernulli likumu varam pārrakstīt šādi:

$$\Delta p = \frac{8 \eta l v_2}{R^2} \qquad (1)$$

kur η – viskozitātes koeficients, l – caurules garums, v_2 – ūdens plūsmas ātrums, R – caurules iekšējais rādiuss. ρ = 1000 kg/m^3 ir ūdens blīvums, g = 9,81 m/s^2 ir brīvās krišanas paātrinājums.

Darba uzdevumi [par katru uzdevumu – 1 punkts]

1. Izdomā un apraksti metodi, kā, izmantojot dotos piederumus, var noteikt ūdens plūsmas ātrumu bez hronometra atkarībā no ūdens līmeņa augstuma.
2. Veic mērījumus un rezultātus apkopo tabulā.
3. Nosaki ūdens plūsmas ātrumus pie dažādiem ūdens līmeņa augstumiem.
4. Aprēķini spiedienu starpības.

5. Plūsmas ātruma atkarību no spiediena attēlo grafiski.
6. Kurš grafika apgabals ir derīgs viskozitātes noteikšanai (Kurā apgabalā ūdens plūsma ir lamināra)?
7. Pēc dotās sakarības (1) nosaki ūdens viskozitātes koeficientu.
8. Novērtē rezultāta kļūdu.
9. Salīdzini iegūto viskozitātes koeficienta vērtību ar tabulā (zemāk) doto vērtību.
10. Skaidro un pamato eksperimentāli iegūtās viskozitātes koeficienta vērtības atšķirību no dotās.

Darba piederumi:

- Pudele ar korķi, kurā nostiprināta caurule
- Statīvs ar stiprinājumiem un skavām
- Putuplasta balsts
- Mērlente
- Lineāls
- Trauks ūdens savākšanai
- Trauks ar ūdeni

1. Ūdens viskozitātes koeficienta vērtība atkarībā no temperatūras

T, °C	η, mPa·s
2	1,67
4	1,57
6	1,47
8	1,38
10	1,31
12	1,23
14	1,17
16	1,11
18	1,05
20	1,00
22	0,95
24	0,91
26	0,87
28	0,83
30	0,80

11. klase

V2017-11-1. GAISA BALONI

Ar karsto gaisu pildītais gaisa balons bija pirmais lidaparāts, kas pacēla cilvēku virs zemes: pirmie brāļu Mongolfjē eksperimenti un lidojumi notika 1783. gadā, un pirmais lidojums ilga 10 minūtes. Kopš tā laika interese par šiem lidaparātiem nav gājusi mazumā, un 2017. gada februārī tika uzstādīts jauns pasaules rekords, kad krievu ceļotājiem ar šādu lidaparātu izdevās noturēties gaisā vairāk par 50 stundām. Šajā uzdevumā aplūkosim ar šo rekordu saistītās likumsakarības.

Modernajos gaisa balonos gaiss tiek sakarsēts, sadedzinot propānu. Tipiska gaisa balona tilpums V = 2800 m^3, tā apvalks ir veidots no neilona, un apvalka masa m_a ir 110 kg. Maksimālā pieļaujamā temperatūra gaisa balona iekšpusē T_{max} ir 120 °C (to nosaka neilona īpašības). Gaisa molmasa M_g ir 29,0 g/mol, brīvās krišanas paātrinājums g ir 9,81 m/s^2, universālā gāzu konstante R = 8,31 J/kg·K. Atmosfēras spiediens pie Zemes virsmas p_0 ir 100 kPa. Absolūtās nulles temperatūra ir – 273 °C.

A Cik liela ir balona groza maksimālā kopējā masa m_1 (t.i, groza, kravas, pasažieru, propāna balonu un gāzes degļa kopējā masa), lai šāds balons vēl atrautos no zemes vasaras dienā, kad apkārtējā gaisa temperatūra ir T_1 = 27 °C? **[2 p]**

B Cik reižu lielāku masu šādā gadījumā varēs pacelt tāda paša tilpuma ūdeņraža balons? Pieņemt, ka balona apvalka masa un apkārtējās vides temperatūra ir tādas pašas kā uzdevuma **A** punktā. Atšķirībā no karstā gaisa balona, ar ūdeņradi pildītais balons netiek sildīts. Balona apvalks nerada papildu spiedienu uz gāzi. **[1 p]**

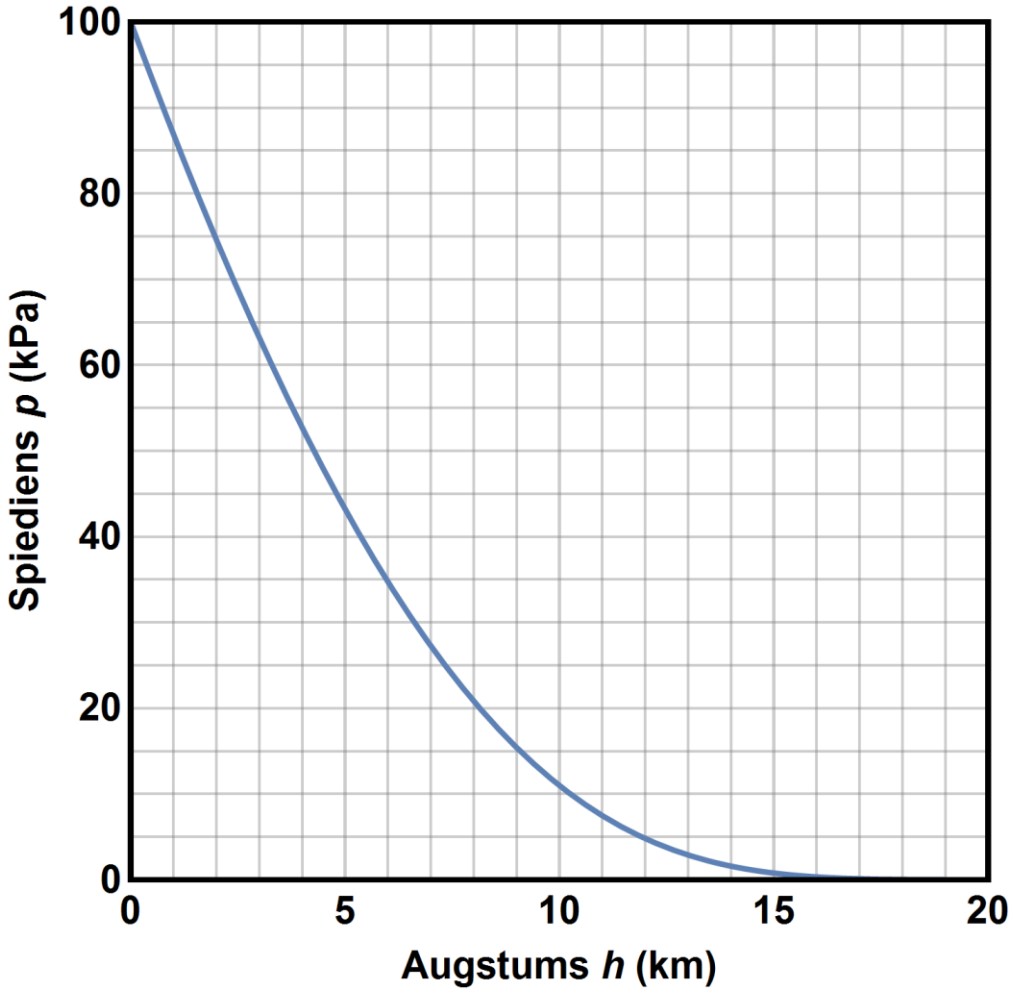
C Cik reižu lielāku masu **karstā gaisa balons** varēs pacelt ziemā nekā tāds pats balons vasaras dienā, ja ziemā apkārtējā gaisa temperatūra ir T_2 = -20 °C? **[1 p]**

D Balona groza kopējā masa (kravas, gāzes degļa, propāna balonu un pasažieru kopējā masa) ir m = 400 kg. Līdz kādai temperatūrai vajag sasildīt gaisu balonā, lai paceltu šādu kravu ziemas dienā (T_2 = -20 °C) un vasaras dienā (T_1 = 27 °C)? Cik reižu ilgāks ir maksimālais lidojuma laiks ar šādu gaisa balonu ziemas dienā (T_2 = -20 °C) nekā vasaras dienā (T_1 = 27 °C), ja līdzi paņemtais propāna daudzums ir viens un tas pats abos gadījumos? Balona laika vienībā atdotais siltuma daudzums ir proporcionāls balona virsmas laukumam un temperatūru starpībai starp balonu un apkārtējo gaisu. Propāna gāzes balonu masas izmaiņu propāna sadedzināšanas dēļ neņemt vērā. **[3 p]**

E Balona groza, kravas un pasažieru kopējā masa ir m = 400 kg. Cik liels ir maksimālais šāda balona pacelšanās augstums, ja temperatūra zemes virsmas tuvumā ir T_2 = -20 °C, un, attālinoties par katru km no zemes virsmas, tā samazinās vēl par 9,8 °C. Atmosfēras spiediens atkarīgs no augstuma h kā

$$p(h) = p_0 e^{-\frac{gM_g h}{RT}}$$

Šī sakarība ir attēlota grafikā (skat. 44. attēlu). Uzdevumu vislabāk ir risināt grafiski. **Zīmējumus ieteicams veikt dotajā grafikā. [3 p]**



44. att.

V2017-11-2. NELINEĀRIE ELEMENTI

Elektriskās komponentes var iedalīt lineārajos un nelineārajos elementos. Lineārie elementi ir tādi elementi, kuriem sakarība starp spriegumu uz šī elementa un strāvu caur doto elementu ir taisne $U \propto I$ jeb $U = IR$, kur proporcionalitātes koeficients R ir elektriskā pretestība. Var būt arī citas lineāras sakarības ne tieši starp spriegumu un strāvu, bet spriegumu un lādiņu uz kondensatora vai arī starp magnētisko plūsmu un strāvu spolē ar noteiktu induktivitāti.

Šajā uzdevumā aplūkosim sakarības starp spriegumu un strāvu. Nelineārajiem elementiem sakarība starp spriegumu un strāvu nav taisne, un viens no šādiem piemēriem ir pusvadītāju diode, kam šī sakarība ir eksponenciāla. Apskatīsim uzdevumā pusvadītāju diodi, kas sastāv no **P-N pārejas**. To raksturo **potenciāla barjera**, kas skaitliski vienāda ar enerģiju, kas būtu jāpiešķir 1 elektronam, lai tas varētu pārvarēt šo elementu un turpināt kustību. Virziens, kurā diode ļauj plūst strāvai cauri, tiek saukts par **caurlaides** virzienu.

Konstantes un noderīgie lielumi:

Elektriskā konstante $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ F/m

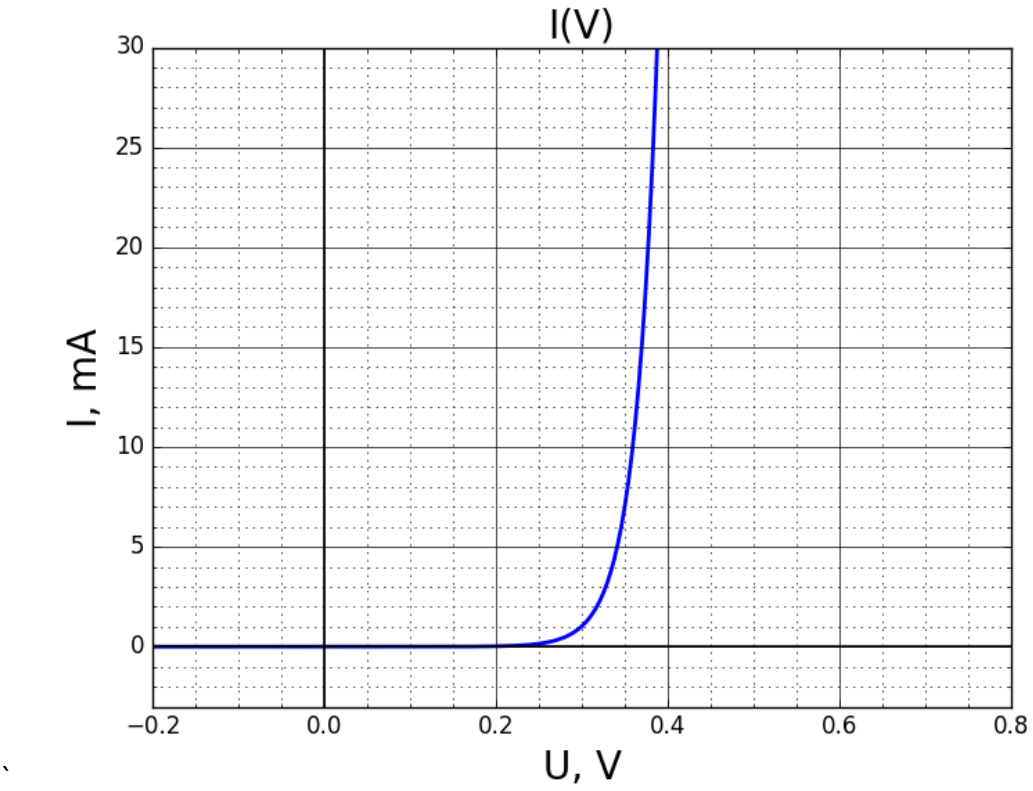
Vara molmasa $M_{Cu} = 63{,}5$ g/mol

Vara blīvums $\rho_{Cu} = 8{,}96$ g/cm^3

Silīcija molmasa $M_{Si} = 28{,}1$ g/mol

Silīcija blīvums $\rho_{Si} = 2{,}33$ g/cm^3

A Dota voltampēru raksturlīkne noteiktai diodei (skat. 45. attēlu).



45. att. Voltampēru raksturlīkne noteiktai diodei

A1 Aplūkojot voltampēru raksturlīkni pusvadītāju diodei 45. attēlā, novērtēt, pie cik liela sprieguma caur diodi plūstošās strāvas atkarību no pieliktā sprieguma var tuvināti aprakstīt kā tiešo proporcionalitāti $I \sim U$ (ar atšķirīgu no nulles proporcionalitātes koeficientu) **[0,5 p]**

A2 Noteikt potenciāla barjeras vērtību caurlaides virzienā pusvadītāju diodē. Atbildi norādīt elektronvoltos. **[1 p]**

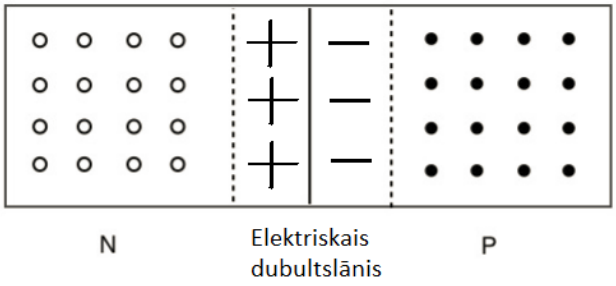
B Parasti pusvadītāji atšķiras no metāliem ar vairākām īpašībām. Galvenā ir tā, ka brīvo lādiņnesēju koncentrācija istabas temperatūrā ir samērā maza, jo elektroni pārsvarā ir saistīti ar molekulām kristālrežģī (elektroni atrodas **valences zonā**), kas ir pretēji metāliem, kuru valences elektroni ir arī brīvie elektroni kristālrežģī. Jāizceļ arī īpašība, ka, pusvadītājos, pieaugot temperatūrai, palielinās vadītspēja, kas ir pretēji metāliem. Tā rezultātā, lai palielinātu vadītspēju, palielina brīvo lādiņnesēju koncentrāciju pusvadītājā, pievienojot piejaukuma atomus ar citu valences elektronu skaitu. Par **N-tipa** pusvadītāju sauc tādu materiālu, kurā piejaukumatomi ir ar lielāku valences elektronu skaitu nekā pamata pusvadītāja materiālam, jo tad šie papildu elektroni vairs nav saistīti saitēs starp atomiem un kļūst par brīvajiem lādiņnesējiem. Savukārt par **P-tipa** pusvadītāju sauc tādu materiālu, kam piejaukuma atomiem

ir mazāks valences elektronu skaits nekā pamata pusvadītāja materiālam, jo tad pietrūkst elektronu, lai visas saites varētu aizpildīt. To vietās paliek "**caurumi**", kas arī ir lādiņnesēji.

B1 Noteikt brīvo lādiņnesēju koncentrāciju varā, ja zināms, ka tam ir viens valences elektrons. **[1 p]**

B2 Noteikt brīvo lādiņnesēju koncentrāciju P-tipa pusvadītājā, ja silīcijam pievieno boru kā piejaukuma atomus koncentrācijā $n_p = 1 \cdot 10^{22}\ 1/m^3$. Pieņemt, ka tīram silīcijam brīvo lādiņnesēju koncentrācija ir ievērojami mazāka nekā piejaukumatomu koncentrācija. **[0,5 p]**

C Kad savieno P un N tipa pusvadītājus (vienam piemīt caurumu vadītspēja, bet otram – elektronu), savienojumu vietā veidojas P-N pāreja – robežslānis starp P un N tipa pusvadītājiem. Tas notiek tāpēc, ka, savienojot P un N tipa pusvadītājus, gan elektroni, gan caurumi, kas atrodas nepārtrauktā siltumkustībā, var šķērsot robežslāni starp abiem pusvadītājiem. Tā kā elektronu koncentrācija N tipa pusvadītājā ir lielāka, elektroni pārsvarā iekļūst materiāla P apgabalā. P tipa pusvadītājā nokļuvušie elektroni rada negatīvo lādiņu pārsvaru, bet N tipa pusvadītāja nokļuvušie caurumi izraisa pozitīvo lādiņu pārsvaru. Tāpēc starp P un N apgabaliem rodas potenciālu starpība un rodas elektriskais lauks, veidojot P-N pāreju jeb elektrisko dubultslāni (skatīt 46. attēlā).

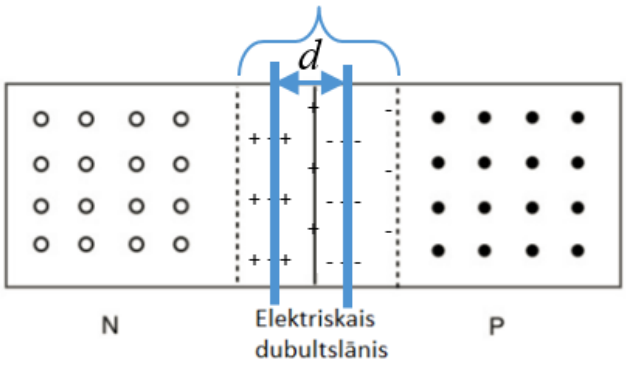


46. att. Elektriskais dubultslānis uz p-n pārejas

C1 Novērtēt šī dubultslāņa biezumu, izmantojot iepriekšējos punktos iegūtās vērtības, ņemot vērā, ka P un N tipa pusvadītājos piejaukuma atomu koncentrācija ir vienāda. Pieņemt, ka relatīvā dielektriskā caurlaidība $\varepsilon = 10$. **[2 p]**

C2 Tagad diode tiek pievienota ķēdē tā, ka elektriskais lauks ir pielikts caurlaides virzienā. Spriegums tiek pakāpeniski palielināts līdz $U_p = 0{,}15$ V. Noteikt jauno elektriskā dubultslāņa biezumu un potenciāla barjeru. **[1 p]**

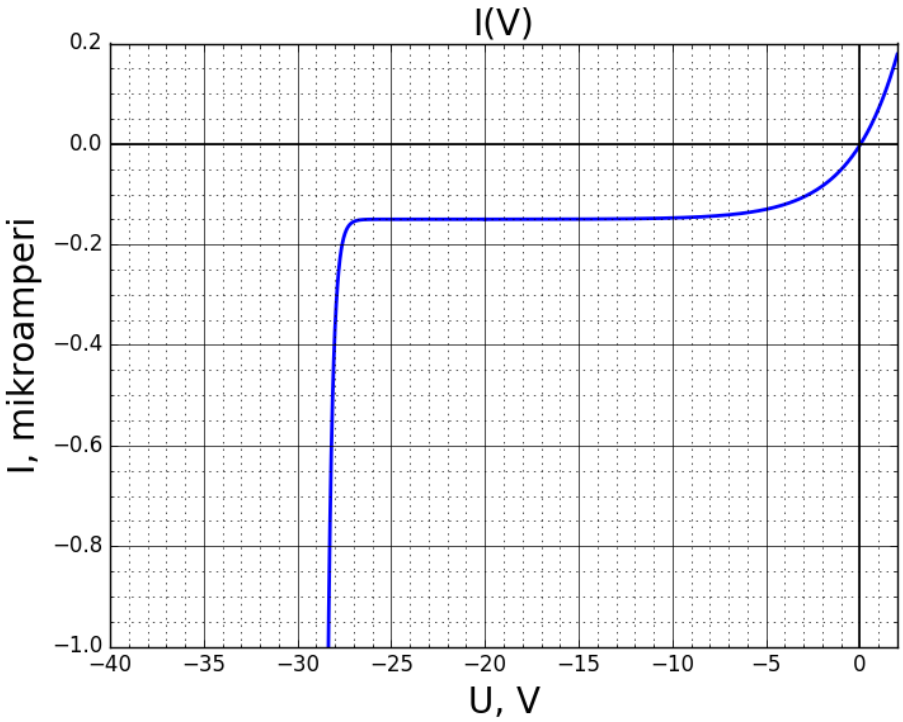
C3 Tas pats spriegums tiek pielikts diodei pretējā virzienā (sprostvirzienā). Cik liels ir dubultslāņa biezums un potenciāla barjera? Ko no tā var secināt? **[1 p]**



47. att.

C4 Tā kā elektriskā dubultslāņa katra puse sastāv no nekompensētiem lādiņiem, to var uzskatīt par sava veida kondensatoru, jo lādiņi ir atdalīti viens no otra gluži kā kondensatorā. Šajā modelī simetrijas apsvērumu dēļ pieņemsim, ka katrs kondensatora klājums atrodas atbilstošā slāņa vidū (sk. 47. attēlu). Pieņemot, ka nav pielikts nekāds ārējais spriegums, novērtēt šīs pusvadītāju diodes elektrisko kapacitāti, ja šķērsgriezuma laukums elektriskajam dubultslānim ir $S = 1 \cdot 10^{-7}\ m^2$. **[2 p]**

C5 Apskatot grafiku 48. attēlā, noteikt **sproststrāvas stiprumu** jeb strāvas stiprumu, kas plūst pusvadītāju diodē, ja spriegums ir pielikts pretēji caurlaides virzienam (sprostvirzienā), brīdī, kad diodei pieliktais spriegums vēl nav sasniedzis kritisko robežu, aiz kuras strāva strauji pieaug. **[1 p]**

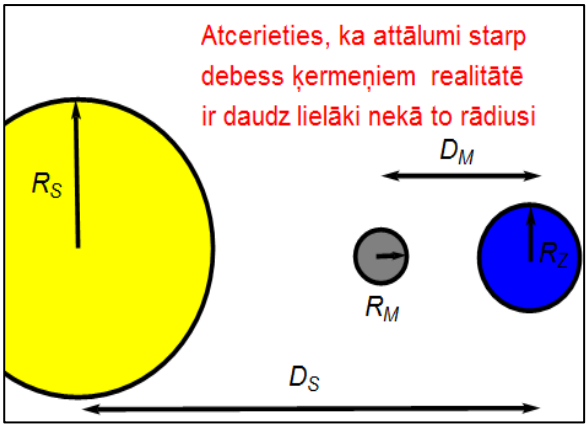


48. att. Voltampēru raksturlīkne noteiktai diodei sprostvirzienā.

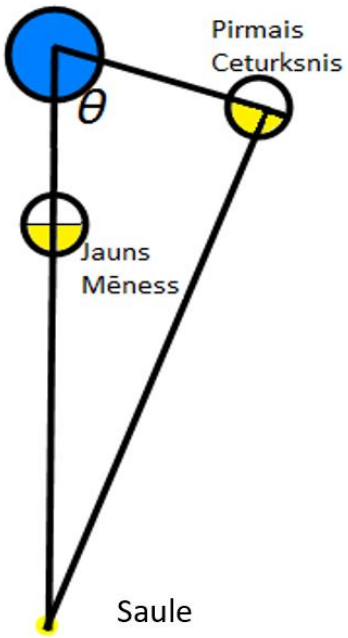
V2017-11-3. MĒNESS NOVĒROJUMI

Jau senajā Grieķijā astronomiem bija diezgan skaidrs priekšstats par Zemes, Mēness un Saules savstarpējo kustību un attālumiem starp šiem ķermeņiem. Viņi šo informāciju ieguva no vairākiem labi pārdomātiem eksperimentiem un novērojumiem. Lai gan viņu mērījumi bija ļoti neprecīzi un atšķīrās pat vairākas reizes no mūsdienās pieņemtajām vērtībām, idejas to pamatā ir pareizas. Šajā uzdevumā apskatīsim, kā pat ar ļoti ierobežotiem resursiem iespējams veikt detalizētus secinājumus par pasauli. Uzdevuma risināšanas gaitā tiks izmantoti attēli (skat. 49 - 52. att.):

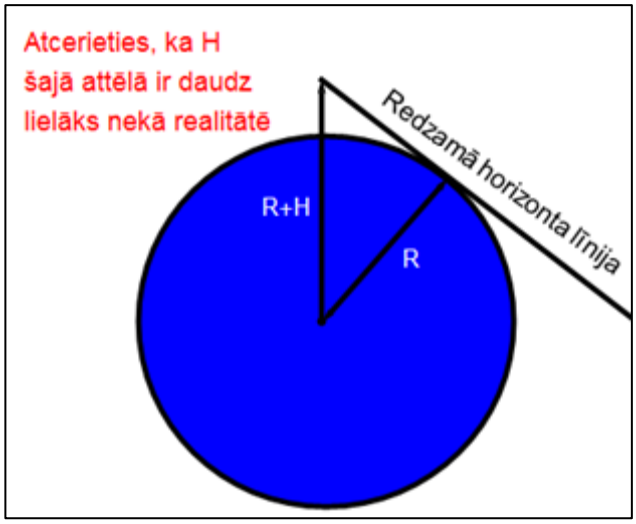
49. att. Mēness aptumsums.



50. att. Astronomiskie objekti un uzdevumā apskatāmo lielumu apzīmējumi.



51. att. Mēness fāzes un leņķis Θ



52. att. Zeme un novērotāja, kas atrodas uz Zemes, horizonta līnija.

A Mēness aptumsums notiek, kad Zeme atrodas starp Sauli un Mēnesi. Aptumsuma laikā, Mēnesim esot Zemes ēnā, tas paliek sarkanā krāsā. Pitagors novēroja, ka aptumsuma laikā, neatkarīgi no Mēness pozīcijas debesīs, ēna vienmēr ir apaļa (*skatīt 49. attēlu*). Izskaidrojiet, kā no šī novērojuma iespējams secināt, ka Zeme ir sfēriska. Kādas ēnas varētu sagaidīt, ja Zeme būtu plakans disks? **[1 p]**

No šī brīža uzdevumā pieņemsim, ka visi trīs uzdevumā aprakstītie debess ķermeņi ir sfēriski.

B Erastotens, kura garums aptuveni h = 2 m, stāv ezera malā. Otrā ezera pusē viņš pie ļoti īsa koka stabiņa piestiprina košu drānu. Viņš secina, ka drāniņu var saskatīt tikai ja stāv pilnībā izslējies, bet, pat nedaudz pietupjoties, tā pazūd no skata. Ja ezera garums ir L = 5 km, novērtējiet Zemes rādiusu R_Z. (Reālais eksperiments, ko veica Erastotens, bija citādāks, bet idejiski līdzīgs). **[2 p]**

C Saules aptumsums notiek, kad Mēness atrodas starp Sauli un Zemi. Pilnā aptumsuma laikā tas pilnībā aizsedz Saules kontūru, bet pilnā aizsegšana vienmēr ir ļoti īsa (dažas minūtes). Saskaņā ar šiem novērojumiem – kāda sakarība eksistē starp lielumiem D_M, R_M, D_S un R_S (sk. 50. attēlu)? **[1 p]**

Tālāk uzdevumā pieņemsim, ka Mēness vienmērīgi riņķo apkārt Zemei pa riņķveida orbītu.

D Ilgākie Mēness aptumsumi ilgst aptuveni T_a = 4 h (laiks no brīža, kad Mēness pirmais punkts ieiet Zemes ēnā līdz brīdim, kad šis pats punkts no tās iziet). Pieņemot, ka no Saules nākošie stari ir paralēli, aprēķiniet attālumu līdz Mēnesim D_M, ja tā orbītas periods ir T_M = 28 diennaktis. Izsakiet savu atbildi izmantojot R_Z. **[2 p]**

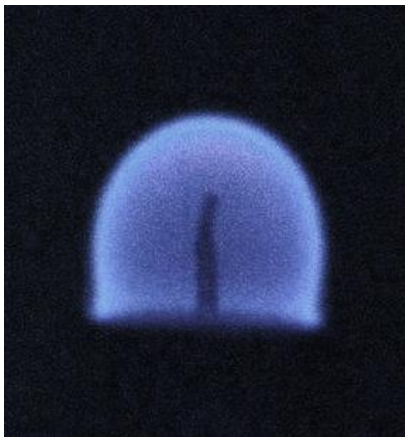
E Mēness riets ilgst aptuveni T_R = 2 min (tas ir laiks kopš brīža, kad Mēness zemākais punkts pieskaras horizontam, līdz brīdim, kad tas ir pilnībā norietējis). Starpība starp diviem Mēness rietiem ir aptuveni T_D = 25 h. Pieņemot, ka Mēness riets notiek gandrīz perpendikulāri horizontam, novērtējiet Mēness rādiusu R_M. Izsakiet savu atbildi izmantojot D_M. **[1 p]**

Noteikt attālumu līdz Saulei ir grūtāk, bet jau antīkajā pasaulē eksistēja veidi, kā to novērtēt. Aristarhs no Samas bija pirmais cilvēks, kurš secināja, ka Saule ir daudz lielāka nekā Zeme. Tas liecināja, ka, iespējams, Saule ir visuma centrā un noveda viņu pie pirmā heliocentriskā modeļa. Nākamajā jautājumā apskatīsim Aristarha novērojumu.

F Aristarha secinājums ir balstīts uz Mēness fāžu novērojumiem. Jauns Mēness ir fāze, kurā nav redzama Saules apgaismotā Mēness puse; Pirmais Ceturksnis ir fāze, kurā tieši Mēness labās kontūras pusaplis ir izgaismots. Tā kā mēs cenšamies atrast attālumu līdz Saulei, vairs nav iespējams pieņemt, ka tā ir bezgalīgi tālu un stari no tās ir paralēli. Šī efekta dēļ, Pirmais Ceturksnis notiek apmēram $T_{PC} = 0{,}5$ h pirms sagaidāmā brīža (gadījumā, kad Saule būtu bezgalīgi tālu). Atcerieties, ka pilns periods ilgst $T_M =$ 28 diennaktis. Atrodiet leņķi θ, kurš definēts 51. *attēlā* un izsakiet attālumu līdz Saulei D_S izmantojot D_M. Diemžēl šie mērījumi ir tik grūti veicami, ka Aristarhs kļūdījās aptuveni 20 reizes, bet neatkarīgi no tā, viņa novērojumiem un secinājumiem ir liela vēsturiska vērtība. **[3 p]**

Eksperimentālā kārta. Demonstrējums.
V2017-11-D. SVECES UN GRAVITĀCIJA

53. attēlā redzams, kā parasta svece deg bezsvara stāvoklī (kosmosa kuģī), ja apkārt tai nodrošina normālu Zemes atmosfēru. Pēc pāris minūtēm vai ātrāk tā pati nodziest. Aplūkosim tepat uz Zemes eksperimentus, kas saistīti ar šo problēmu!



53. att.

Izskaidrojiet eksperimentus un atbildiet uz jautājumiem!

A Pietiekami lielā un platā stikla burkā nostiprinātas divas sveces. Viena ir gara, bet otra īsa. Ja sveces aizdedzinām, tās deg ilgi, kamēr izdeg. Bet pavērojiet, kas notiek, ja burku apsedz ar vāku!

A1. Kura svece nodziest pirmā un kāpēc? **[1 p]**

A2. Salīdziniet to gaisa molekulu masu, kas nepieciešamas degšanai ar to molekulu masu, kas radušās degšanas procesā, un izskaidrojiet eksperimenta iznākumu! **[3 p]**

B Uz galda stāv svece. Aizdedzām to. Ņemam stikla cauruli ar vaļējiem galiem. Uzliekam cauruli vertikāli uz galda tā, lai tās lejasdaļa ietvertu sveci. Vērojiet, kas notiek.

Noņemam cauruli, atkal aizdedzam sveci. Ievietojam caurulē starpsienu, kas sadala to gareniski divās daļās. Uzliekam cauruli ar starpsienu uz galda, ietverot sveci. Vērojiet, vai starpsiena eksperimentā ko maina! Pēc kāda laika izņemam starpsienu no caurules. Vērojiet, kas notiek ar sveci!

B1. Kāds iznākums ir eksperimentam ar cauruli bez starpsienas, kāpēc? Kādas gaisa īpašības un procesi tajā noved pie šāda iznākuma? Ar ko šī eksperimenta nosacījumi atšķiras no eksperimenta ar burku? Abos gadījumos taču trauka augšgals sākumā ir atvērts. **[2 p]**

B2. Kā starpsienas klātbūtne maina eksperimenta iznākumu? Kas notiek, ja eksperimenta laikā starpsienu izņemam? **[1 p]**

B3. Ko dod caurules sadalīšana divās daļās? Vai šo daļu lomas eksperimentā varētu atšķirties? Kas varētu būt sadalījis lomas? Vai, atkārtojot eksperimentu, lomas vienmēr sadalīsies identiski? **[2 p]**

B4. Kāpēc kosmosa kuģī sveces liesmai ir tik savāda forma, un svece drīz nodziest? **[1 p]**

Eksperimentālais uzdevums
V2017-11-E. MĀKSLĪGĀ GRAVITĀCIJA

Ievads

Aplūkosim horizontālā plaknē novietotu elastīgu membrānu, kuras rādiuss ir R_0. Jebkurš masīvs ķermenis, kurš novietots uz šīs membrānas, to ieliec gravitācijas spēka ietekmē. Piemēram, ja ķermenis ar masu *M* novietots tieši membrānas centrā, membrānas vertikālo deformāciju attālumā *R* no membrānas centra raksturo vienādojums:

$$h = \frac{Mg}{2\pi k} ln \frac{R}{R_0} \qquad (1)$$

kur konstante *k* ir membrānas elastības koeficients. Tā kā membrānas virsma vairs nav horizontāla, virsmas reakcijas spēkam, kas darbojas uz jebkuru citu uz membrānas novietotu ķermeni, parādās horizontāli vērsta nenulles komponente. Līdzīgi arī pirmo ķermeni ietekmē otrā radītais membrānas virsmas ieliekums. Efektīvi varam uzskatīt, ka attālumā *R* divi uz membrānas novietoti ķermeņi ar masām m_1 un m_2 savstarpēji pievelkas ar spēku *F*:

$$F = -K \frac{m_1 m_2}{R} \qquad (2)$$

kur konstantes *K* vērtību nosaka Zemes brīvās krišanas paātrinājums *g* un membrānas elastības koeficients *k*.

Darba uzdevumi

1. Eksperimentāli noskaidro proporcionalitātes koeficienta *K* vērtību efektīvā pievilkšanās spēka izteiksmē (2) un noskaidro nezināmās masas atsvara masu.
2. Formulē pārbaudāmās hipotēzes, sastādi darba plānu un apraksti eksperimenta gaitu.
3. Attēlo iegūtos rezultātus grafiski un analizē iegūtos rezultātus un to atbilstību teorijai.
4. Novērtē mērījumu kļūdas!
5. Vai eksperimenta rezultāti liecina, ka konstante K nav atkarīga no atsvara masas?

Darba piederumi:

- plastmasas riņķis, pie kura ar veļas knaģiem piestiprināts elastīgs audums ar centrā nostiprinātu āķi;
- trīs krēsli riņķa atbalstam;
- sešu 100 g atsvaru komplekts;
- 30 cm garš lineāls, gara plastmasas līste, divi kopā sastiprinātu knaģu pāri un 2 lipekļa gabaliņi;
- hronometrs;
- stikla bumbiņa;
- nezināmas masas atsvars.

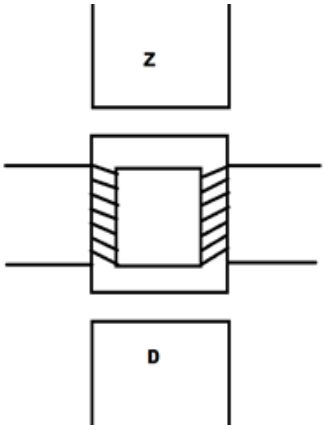
Jāpievērš uzmanība

- Eksperimenta laikā audumam jābūt vienmērīgi nostieptam. Ja gadās izkustināt kādu no audumu fiksējošajiem knaģiem, eksperimentu jāpārtrauc, no auduma jānoņem visas bumbiņas un jānoņem piekārtos atsvarus, tad knaģi jānovieto savā vietā, atjaunojot vienmērīgu auduma nostiepumu. Tagad eksperimentu var turpināt.
- Auduma centrā piekārtā atsvara masas var mainīt diapazonā no 200 – 600 g. Viena 100 g atsvara radītais auduma ieliekums var būt nepietiekams mērījumu veikšanai.

12. klase

V2017-12-1. TRANSFORMATORS

Šajā uzdevumā aplūkosim transformatoru, kuram primārajā tinumā ir n_1 = 1000 vijumu un sekundārajā tinumā n_2 = 100 vijumu. Serdes magnētiskā caurlaidība ir bezgalīga un tajā inducētās strāvas var neievērot. Spolēm tinumu virzieni ir pretēji. Serdes posmi, ap kuriem ir aptīti vadi ir x = 1 cm plati, y = 1 cm biezi un h = 4 cm augsti. Transformators tiek novietots starp 2 magnētiem, kuriem katram virsmas laukums ir 10 cm^2 un magnētiskais lauks pirms transformatora ievietošanas starp magnētiem bija B = 0,1 T. Pieņemsim, ka magnētiskā plūsma starp magnētiem nemainās, ievietojot transformatoru starp tiem, un ir vienmērīgi sadalīta starp serdes posmiem ap kuriem aptīti vadi.



54. att.

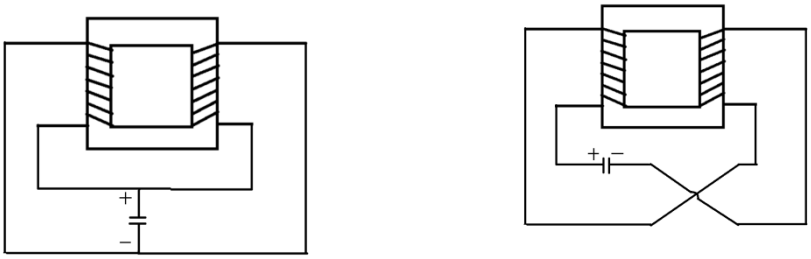
A Uzzīmēt magnētiskā lauka līnijas starp magnētiem pēc transformatora ievietošanas starp tiem. **[1 p]**

B Aprēķināt elektrodzinējspēku, kāds inducējas katrā no tinumiem, ja pieņem, ka viss magnētiskais lauks, kas bija starp magnētiem, tagad plūst tikai caur transformatoru un magnētiskā lauka indukcija transformatorā – no 0 līdz maksimālai vērtībai – vienmērīgi pieaug 1 milisekundes laikā. **[2 p]**

Tālākajos uzdevuma jautājumos apskatīsim situāciju, kad transformators vairs neatrodas starp magnētiem. Transformatorā izmantotā vada pretestība ir 1 oms uz metru.

C Kādā slēgumā jāsaslēdz transformatora spoles, lai tiktu iegūts stiprākais magnētiskais lauks transformatora serdē, ja spolēm tiek pievienots nemainīgs spriegums U? Tinumi ir satīti vienā slānī. Cik liela būs attiecība starp paralēlā un virknes slēguma magnētiskā lauku indukcijas vērtībām (aplūkot tikai situācijas, kurās abu spoļu magnētiskie lauki summējas)? **[4 p]**

D Transformatoram tiek pieslēgts uzlādēts kondensators ar spriegumu U_0 divos veidos (skatīt 55. attēlu).



Pirmais veids Otrais veids

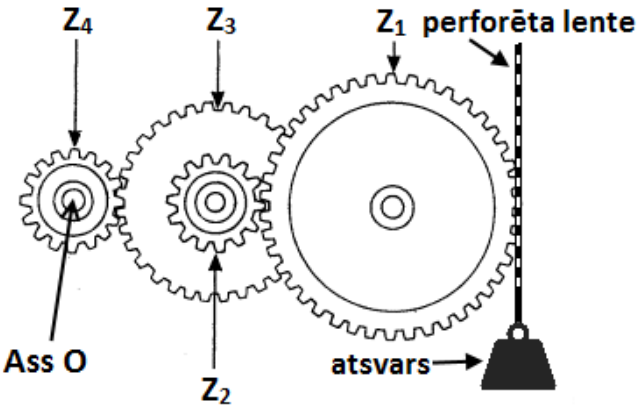
55. att. Kondensatora pieslēgšanas veidi transformatoram

Uzskicēt sprieguma uz kondensatora plāksnēm atkarību no laika un magnētiskā lauka līnijas transformatora serdē katram pieslēguma veidam (vadu aktīvo pretestību var neņemt vērā). **[3 p]**

V2017-12-2. GRAVITĀCIJAS LAMPA

Izrādās, māju var apgaismot, izmantojot gravitācijas spēku. Apskatīsim ierīci, kas to realizē. Ierīce sastāv no zobratu sistēmas (56. att.), kam piekārts atsvars, un elektriskā ģeneratora (57. att.). Zobratu sistēmu ar ģeneratoru savieno ass O. Pie ģeneratora izejas pieslēdzam gaismas diodi.

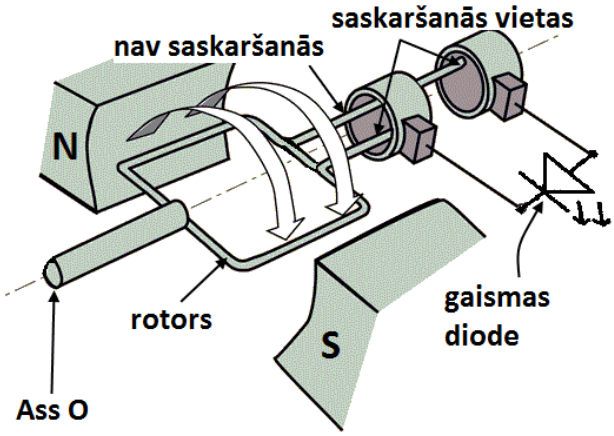
Zobratam Z_1 ir $n_1 = 168$ zobi un diametrs $d_1 = 10{,}5$ cm, zobratam Z_2 ir $n_2 = 14$ zobi, zobratam Z_3 ir $n_3 = 160$ zobi, zobratam Z_4 ir $n_4 = 16$ zobi un diametrs $d_4 = 1$ cm. Zobrati Z_1 un Z_3 ir savienoti un griežas kopā.



56. att.

Ģeneratora magnēts dod homogēnu magnētisko lauku ar magnētisko indukciju $B = 0{,}5$ T. Ar N un S apzīmēts attiecīgi magnēta ziemeļpols un dienvidpols. Ģeneratora rotors ir kvadrātveida rāmis ar malas garumu $a = 5$ cm. Uz rotora uztīti $N = 500$ vijumi. Pieņemt, ka starp zobratiem un starp asīm un armatūru nav berzes. Rotora masu neievērot.

Var uzskatīt, ka, saslēdzot kopā zobratu sistēmu, ģeneratoru un gaismas diodi un zobratam Z_4 pieliekot spēka momentu 0,04 N·m, zobrats Z_4 griezīsies ar nemainīgu ātrumu 100 apgriezieni minūtē.



57. att.

A Ar cik lielu ātrumu (apgriezieni minūtē) ir jāgriežas zobratam Z_1, lai zobrats Z_4 grieztos ar ātrumu 100 apgriezieni minūtē? **[2 p]**

B Cik lielas masas atsvars ir jāpiekar uz zobrata Z_1, lai uz zobratu Z_4 darbotos spēka moments 0,04 N·m? **[2 p]**

C Atsvaru piekaram augstumā $h = 2$ m virs zemes. Cik ilgi atsvars darbinās ģeneratoru? Laiku, kamēr atsvars paātrinās līdz vienmērīgam ātrumam, neņemt vērā. **[1 p]**

D Norādīt, kādā virzienā plūst strāva caur gaismas diodi 57. att. parādītajā situācijā! Paskaidrot! Uzrakstīt sakarību magnētiskās plūsmas caur rotoru atkarībai no laika $\Phi(t)$! Uzskatīt, ka sākuma momentā rotors novietots horizontāli. **[2 p]**

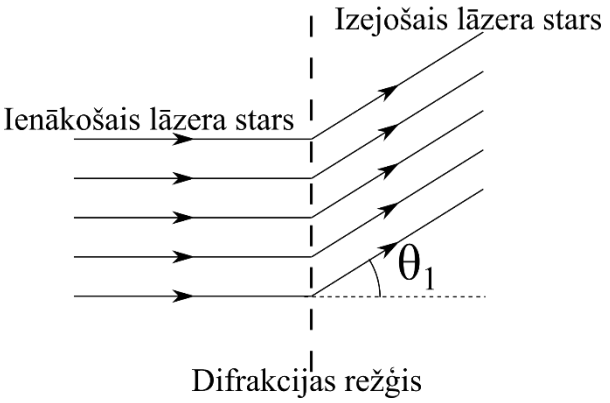
E Aplūkosim vienu ģeneratora periodu T, t. i., laika sprīdi, kurā rotors ir izdarījis vienu pilnu apgriezienu. Novērtēt ģeneratora inducēto elektrodzinējspēku (EDS) sākuma laika momentā! **[1 p]**

F Ja zobratam Z_1 piekārto atsvaru tur nekustīgu un tad palaiž vaļā, tad sākotnēji atsvara ātrums palielinās. Bet pēc kāda brīža var uzskatīt, ka atsvara ātrums vairs nemainās. Paskaidrot, kāpēc atsvara ātrums neturpina palielināties visu laiku! Kas mainīsies, ja piekārsim smagāku atsvaru? **[2 p]**

V2017-12-3. AKUSTI-OPTISKAIS STARU NOLIECĒJS

Akusti-optiskais staru noliecējs ir ierīce, kas ar skaņas viļņa palīdzību ir spējīga noliekt lāzera staru. Apskatīsim fizikālos principus, kas ļauj to izdarīt.

Akusti-optiskais staru noliecējs ir kristāls. Ja kristāla vienā galā tiek radīta ultraskaņa, tad tā izplatās pa kristālu, radot telpā periodiskas spiediena izmaiņas. Tiek izmantots kristāls, kura laušanas koeficients ir atkarīgs no spiediena (var pieņemt, ka atkarība ir lineāra). Rezultātā rodas telpā periodiskas laušanas koeficienta izmaiņas, kas uzvedās kā lineārs difrakcijas režģis. Pareizi novietojot kristālu var panākt, ka lielākā daļa gaismas nonāk izejošās gaismas pirmajā maksimumā. Šī maksimuma vietas novietojums ir atkarīgs no difrakcijas režģa konstantes, tātad no skaņas frekvences. Jāņem vērā, ka skaņas radītā gaismas laušanas koeficienta izmaiņas ir tik niecīgas, ka neizmaina gaismas izplatīšanās ātrumu, bet tikai atstaro daļu gaismas, tādā veidā radot difrakcijas režģi.

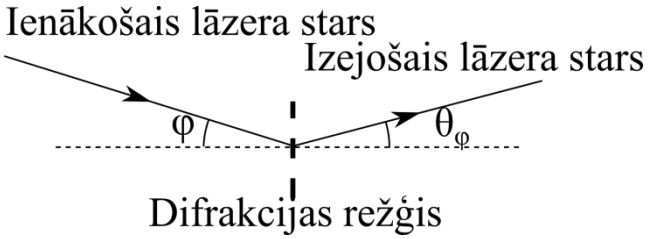


58. att.

A Aprēķināt skaņas viļņa garumu λ_s, ja skaņas ātrums kristālā ir v_s = 5000 m/s un skaņas viļņa frekvence ir f_s = 20 MHz. **[1 p]**

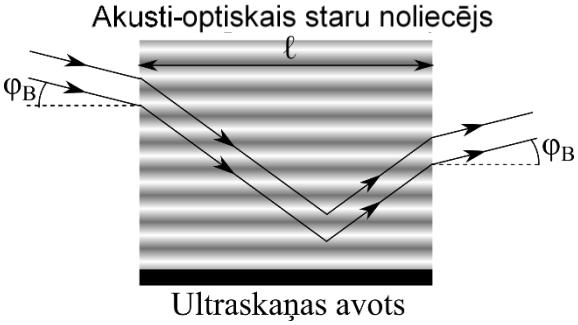
B Aprēķināt 1. maksimuma atrašanās vietu Θ_1, pieņemot, ka lāzera stari krīt perpendikulāri plānam lineāram difrakcijas režģim (58. att.), ko veido akusti-optiskais staru noliecējs. Pirmā maksimuma atrašanās vieta ir vismazākais leņķis $\Theta > 0$, pie kura dotā viļņa garuma gaismai ir intensitātes maksimums. Pieņemt, ka tiek izmantots lāzers ar viļņa garumu λ = 700 nm un difrakcijas režģi veido A jautājumā iegūtais skaņas vilnis. **[1 p]**

C Ja lāzera stars uz difrakcijas režģi krīt nevis perpendikulāri, bet leņķī φ (59. att.), tad pirmais maksimums būs novērojams leņķī Θ_φ. Uzrakstīt sakarību, kas saista Θ_φ ar φ un Θ_1 (definētu B punktā). **[1 p]**



59. att.

Līdz šim mēs pieņēmām, ka akusti-optiskais staru noliecējs ir plāns, bet patiesībā tā biezums ir ap 1 cm, kā rezultātā ir jāņem vērā arī staru gaita kristālā. Tādā gadījumā var uzskatīt, ka katrs skaņas viļņa maksimums (laušanas koeficienta maksimums) atstaro daļu krītošās gaismas, kas pēc tam spēj interferēt.



60. att.

D Aprēķināt gājumu diferenci Δs paralēliem gaismas stariem, kas krīt uz akusti-optiskā staru noliecēja leņķī φ_B (60. att.) un vienu reizi atstarojas no blakus esošiem ultraskaņas maksimumiem. Izmantot, ka akusti-optiskā

staru noliecēja biezums ir ℓ un gaismas laušanas koeficients ir n. Pieņemt, ka skaņas radītā gaismas laušanas koeficienta izmaiņas ir tik niecīgas, ka neizmaina gaismas izplatīšanās ātrumu, bet pietiekami ievērojamas, lai daļa gaismas tiktu atstarota. Rezultātu izteikt ar lielumiem φ_B, ℓ, n, un skaņas viļņa garumu λs. **[1 p]**

E Izmantojot D jautājumā iegūto rezultātu aprēķināt mazāko $\varphi_B > 0$, pie kura novērojams interferences maksimums. Izmantot parametrus, kas doti un aprēķināti A un B jautājumā. **[1 p]**

Līdz šim tika pieņemts, ka skaņas vilnis ir nekustīgs (stāvvilnis), tomēr līdzīgu ainu var iegūt arī ar skrejvilni, kas kustas ar ātrumu v_s = 5000 m/s. Tā rezultātā, lāzera staram atstarojoties no viļņa maksimuma, jābūt novērojamai gaismas viļņa Doplera nobīdei.

F Aprēķināt izejošā lāzera stara frekvences nobīdi Δf, ja gaisma krīt uz paraugu E jautājumā iegūtajā leņķī φ_B. Aprēķinos var būt nepieciešams izmantot sakarības

$$\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{x}{2} \text{ un } \frac{1}{1+x} = 1 - x, \text{ ja x <<1}$$

[3,75 p]

G Vai lāzera stara frekvence ir palielinājusies vai samazinājusies par F jautājumā izrēķināto lielumu, ja ultraskaņas avots un stara virziens ir tāds, kā redzams 60. attēlā. **[0,25 p]**

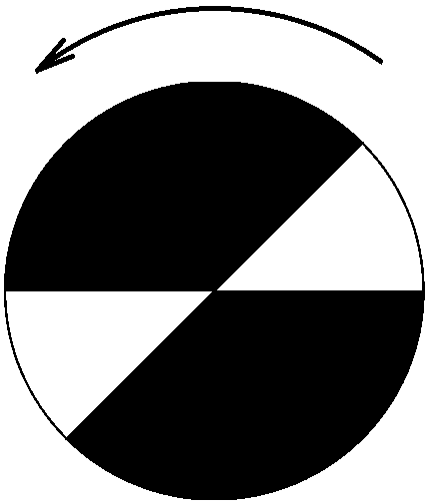
H Vai lāzera stara viļņa garums palielinās vai samazinās F jautājumā izrēķinātajā gadījumā? Par cik lielu vērtību? Ja lāzera viļņa garums ir λ = 700 nm. Aprēķinos var būt nepieciešams izmantot sakarību

$$\frac{1}{1+x} = 1 - x, \text{ ja x <<1}$$

[1 p]

Eksperimentālā kārta. Demonstrējums.
V2017-12-D. KRĀSAINIE SEKTORI

Uz elektrodzinēja ass nostiprināta stroboskopa ripa (redzama 61. attēlā). Tajā ir divi melni un divi balti sektori. Baltie sektori ir trīsreiz šaurāki par melnajiem. Nekādu speciālu stroboskopisko apgaismojumu nelietojam. Pakāpeniski palielinām dzinējam pievadīto spriegumu. Dzinējs griež ripu arvien ātrāk attēlā norādītajā virzienā. Pakavējamies, kad ripā varam saskatīt gandrīz nekustīgus attēlus ar sektoriem. Pārtraucam sprieguma palielināšanu, kad tumšo un gaišo sektoru skaits pirmoreiz kļūst tāds kā nekustīgai ripai. Sektori ir kļuvuši krāsaini! Baltā krāsa ir sadalījusies sastāvdaļās. Tas nav jūsu uztveres procesu dēļ acīs un smadzenēs. Atrodiet šai krāsainībai objektīvu cēloni, izskaidrojiet eksperimentu un atbildiet uz jautājumiem!



61. att.

1. Kāpēc kustīgā ripā varam saskatīt nekustīgu attēlu, pat nelietojot speciālu stroboskopu? **[1 p]**

2. Kāpēc gaišie sektori, kad ripa kustas ar lielāko sasniegto ātrumu – izskatās platāki par tumšajiem sektoriem, neskatoties uz to, ka nekustīgai ripai baltie sektori aizņem tikai ceturtdaļu apļa? **[1 p]**

3. Kāpēc šai ripai kustībā neizdodas saskatīt vairāk par sešiem tumšiem un sešiem gaišiem sektoriem? **[1 p]**

4. Cik apgriezienus minūtē veic dzinējs, kad tumšo un gaišo sektoru skaits pirmoreiz kļūst tāds kā nekustīgai ripai? **[1 p]**

5. Cik apgriezienus minūtē veica dzinējs, kad bija redzami četri tumšie un četri gaišie sektori? Un cik, kad bija redzami seši tumšie un seši gaišie sektori? **[1 p]**

6. Kāpēc gaišā sektora sākumā (skatoties ripas griešanās virzienā) redzama zili violeta krāsa? Kas ir tās avots? **[1 p]**

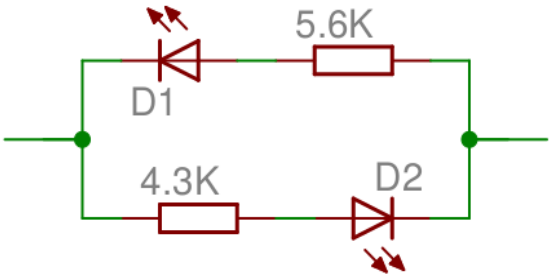
7. Kādas citas nākošās krāsas var saskatīt un kas šo gaismu izstaro? **[1 p]**

8. Kāpēc krāsas ir telpiski atdalījušās? Kāda loma tajā ir ripas kustībai? **[3 p]**

Eksperimentālais uzdevums
V2017-12-E. SPĪDDIODES

Darba piederumi:

- kondensators ar kapacitāti C = 4700 µF
- rezistori ar pretestībām 100 Ω, 200 Ω, 330 Ω, 430 Ω, 680 Ω, 1 kΩ, 1,5 kΩ, 2,2 kΩ un 3,3 kΩ
- baterija, kuras izejā spriegums U_0 = 9 V
- modulis, uz kura uzmontētas divas spīddiodes (sarkana un zila) un divi rezistori, kas saslēgti tā, kā parādīts shēmā (62. attēlā)
- hronometrs



62. att.

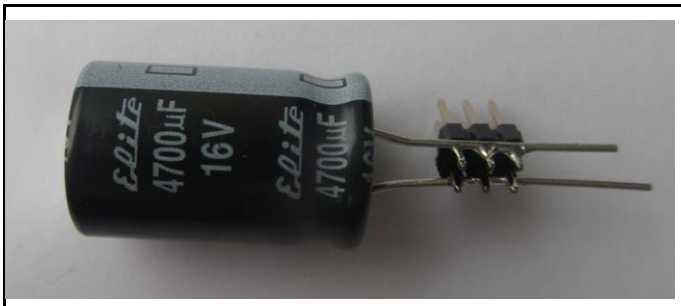
Zināms, ka spīddiodes pretestība mainās atkarībā no tajā plūstošās strāvas. Tā ir apmēram 1 kΩ, ja spīddiode mirdz pilnā spožumā. Savukārt, mirdzot pavisam vāji, tās pretestība sasniedz vairākus simtus kΩ. Vēl zināms, ka, izlādējot kondensatoru ar kapacitāti C caur rezistoru ar pretestību R, spriegums uz kondensatora mainās pēc eksponenciāla likuma

$$U(t) = U_{max}\exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$$

Uzdevumi:

1. Izdomāt un aprakstīt metodi, ar kuru, izmantojot dotos piederumus, iespējams atrast spriegumus, pie kura sāk mirdzēt katra no spīddiodēm. **[3 p]**
2. Uzzīmēt mērījumu veikšanai nepieciešamo shēmu, saslēgt to. **[1 p]**
3. Veikt pietiekamu skaitu mērījumu, iegūtos rezultātus apkopot tabulā. **[1 p]**
4. Mērījumu rezultātus attēlot grafiski un interpretēt iegūtos rezultātus. **[2 p]**
5. Aprēķināt prasīto spriegumu skaitliskās vērtības, formulēt rezultātu. **[1 p]**
6. Novērtēt iegūtā rezultāta kļūdu. **[2 p]**

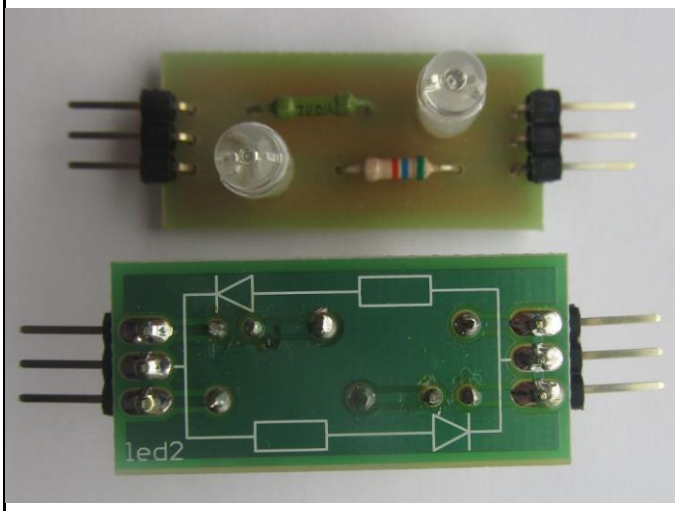
Slēdzot shēmu, pievērsiet uzmanību



63. att.

Elektrolītiskais kondensators ar kapacitāti 4700 µF.

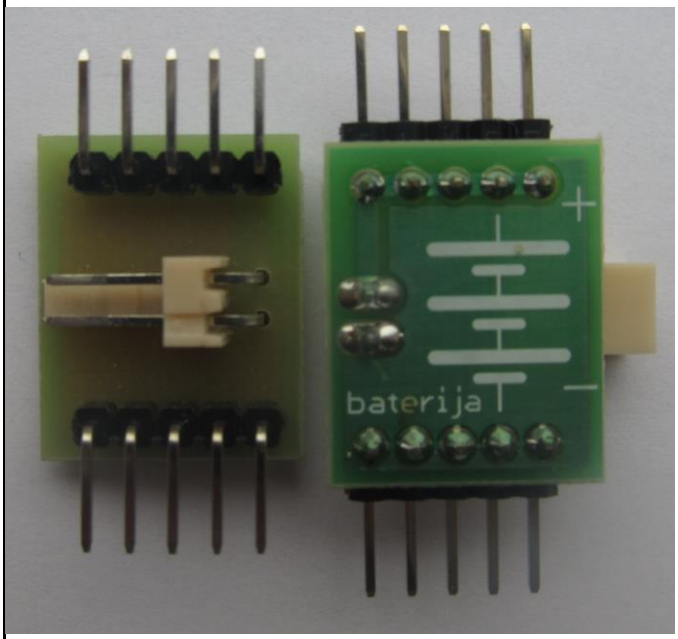
Uzmanību ar pieslēgšanas polaritāti! Baltā līnija ar "—" zīmēm nozīmē, ka tuvākā tā izeja ***obligāti*** jāpieslēdz pie baterijas negatīvā pola.



64. att.

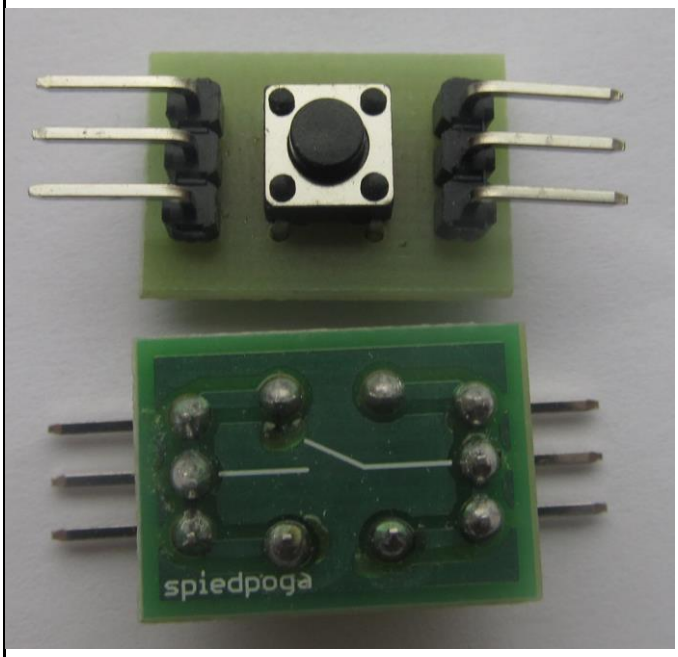
Spīddiožu modulis.

Uz tā uzmontētas divas spīddiodes, kā arī strāvu ierobežojošie rezistori: 5,6 kΩ priekš zilās spīddiodes un 4,3 kΩ priekš sarkanās spīddiodes. Visi trīs izvadi moduļa malā savienoti kopā.



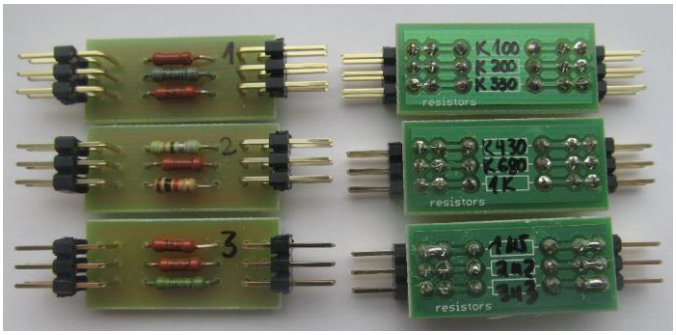
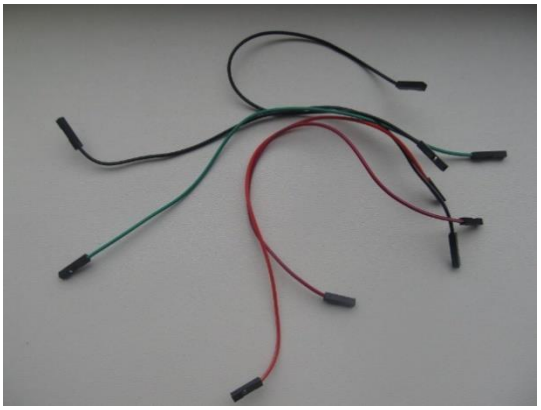
65. att.

Modulis baterijas pieslēgšanai. **Pievērst uzmanību** "+" un "-" zīmei!



66. att.

Spiedpogas modulis.

 *67. att.*	Rezistori apvienoti trijos moduļos. 1. 100 Ω, 200 Ω un 330 Ω 2. 430 Ω, 680 Ω un 1 kΩ 3. 1,5 kΩ, 2,2 kΩ un 3,3 kΩ Rezistori modulī ir elektriski izolēti viens no otra. Katram no rezistoriem abās moduļa pusēs ir pa 2 pieslēguma vietām, kas izvietotas viena virs otras
 *68. att.*	Vadi

2017./2018. mācību gads – Latvijas 68. fizikas olimpiāde

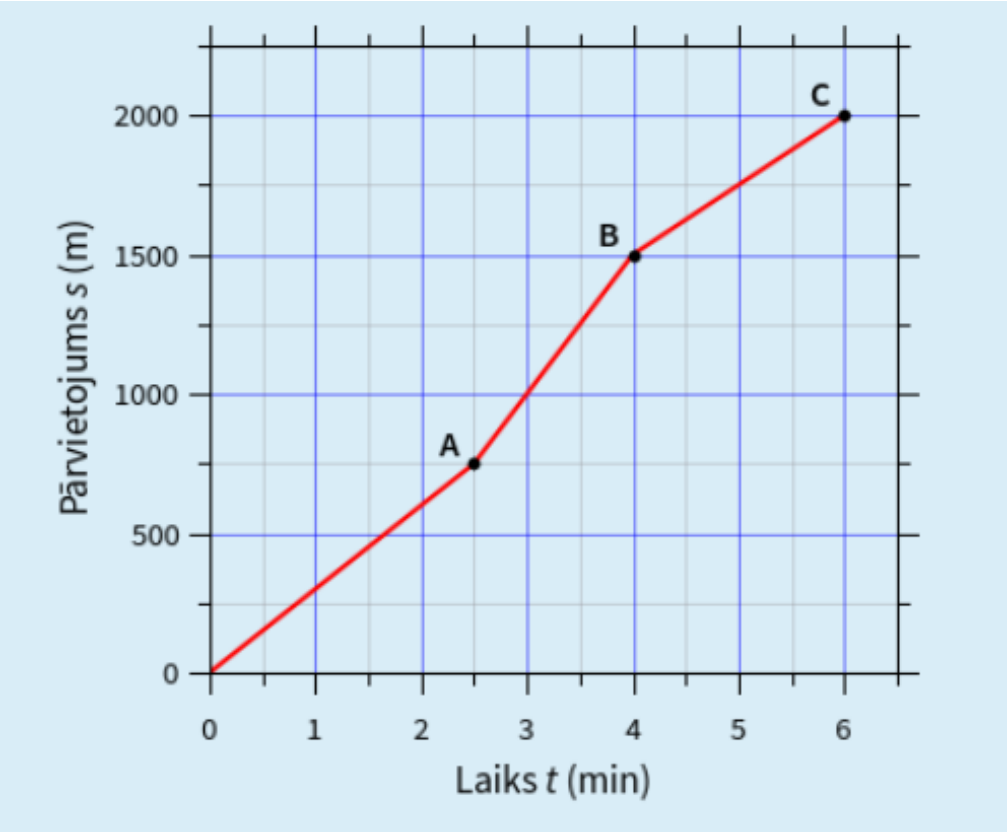
Novada olimpiāde – 2018

9. klase

N2018-9-1. VIENA DIENA KUSTĪBĀ

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

1. Grafikā attēlots kā Leo, braucot ar velosipēdu, veic ceļu no mājām uz skolu (posms 0C)



69. att.

A Kurā posmā Leo kustības ātrums ir vislielākais? 0A/AB/BC. **[0,5 p]**

B Cik liels ir Leo vidējais ātrums kustības pirmajās piecās minūtēs?

Atbilde: v_{vid} = ☐ m/min **[0,5 p]**

C Leo vidējais kustības ātrums posmā 0B salīdzinājumā ar vidējo ātrumu posmā AC ir: **[1 p]**

- lielāks
- mazāks
- tāds pats

D Cik sekundes Leo ietaupīs uz vienu kilometru, ja viņš brauks ar vidējo ātrumu 400 m/min ātruma 250 m/min vietā?

Atbilde: t = ☐ s **[1 p]**

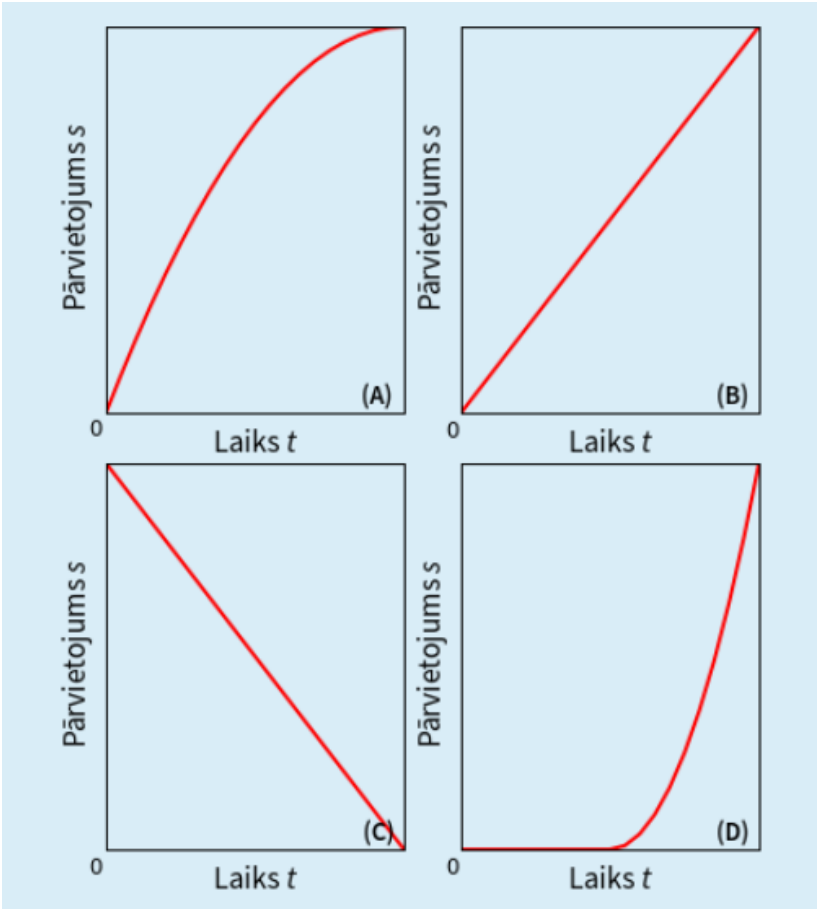
2. Pirms šķērsot ielu, Leo laika momentā $t = 0$ sāka bremzēt un apstājās, lai pārliecinātos, ka var droši pārbraukt ielu un turpināt ceļu.

A Kurā no 70. attēlā dotajiem grafikiem ir attēlots kā šajā situācijā mainījās Leo pārvietojums no vietas, kurā Leo atradās laika momentā $t = 0$?

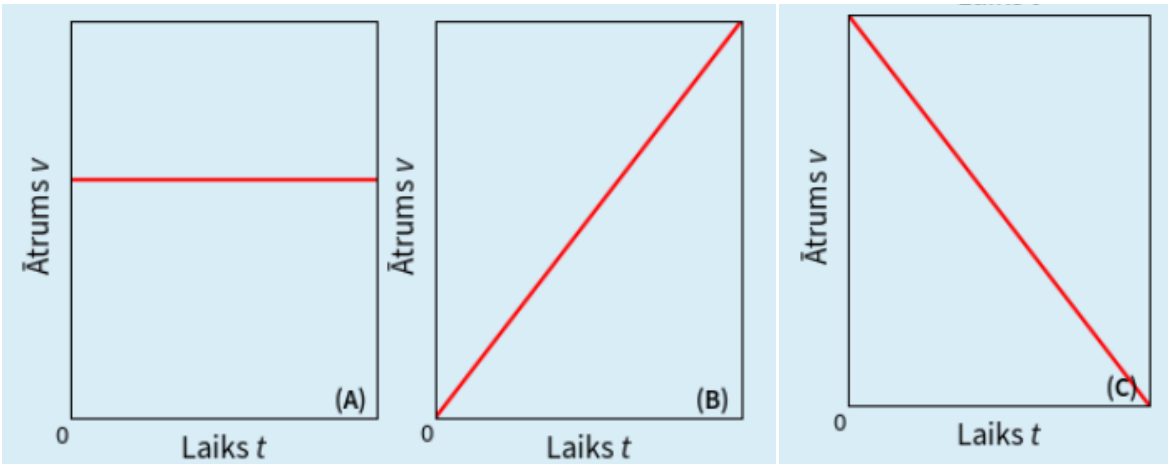
Atbilde: [1 p] A/B/C/D

B Kurā no 71. attēlā dotajiem grafikiem ir attēlots, kā šajā situācijā mainījās Leo ātrums?

Atbilde: [1 p] A/B/C



70. att.



71. att.

3. Ar velosipēdu, kuram ir pēc diametra lieli riteņi, var attīstīt lielu ātrumu un pārvarēt lielāka augstuma šķēršļus, bet tam būs grūtāk noturēt stabilitāti braucot pa nelīdzeniem ceļiem salīdzinājumā ar velosipēdu, kuram ir mazāki riteņi.

Riteņu izmērus parasti mēra collās vai milimetros. Saliekamiem pilsētas velosipēdiem riteņu izmērs ir 20 collas, šosejas velosipēdiem 28 collas, bet kalnu velosipēdiem visizplatītākais riteņu izmērs ir 26 collas.

1 colla ir 2,54 cm. Attālums no skolas līdz mājām ir posms 0C 69. attēlā dotajā grafikā. Pieņemsim, ka vienam pedāļa apgriezienam atbilst viens riteņa apgrieziens.

A Pieņemot, ka Leo katru reizi brauc ar vienu un to pašu vidējo ātrumu no mājām uz skolu, kurā gadījumā velosipēda riteņu apgrieziena frekvence brauciena laikā būs vislielākā?

Atbilde: [1 p] Ja Leo brauc ar

- saliekamo pilsētas velosipēdu
- šosejas velosipēdu
- kalnu velosipēdu

B Leo uz skolu brauc ar šosejas velosipēdu, bet viņa māsa Beāte ar saliekamo pilsētas velosipēdu. Par cik metriem Leo būs priekšā Beātei, ja abi no mājas izbrauca vienlaikus un katrs no viņiem būs minies tā, ka katra velosipēda gan priekšējais, gan pakaļējais ritenis būs veicis 100 pilnus apgriezienus?

Atbilde: $\Delta s =$ _____ m **[1 p]**

C Cik reižu ātrāk Beātei ir jāminas, lai viņa nokļūtu skolā vienlaicīgi ar Leo, pieņemot, ka pa ceļam viņi nekur neapstājas? (Atbildi noapaļot līdz desmitdaļai)

Atbilde: $k =$ _____ reizes **[1 p]**

4. Pēc basketbola treniņiem Leo un Beāte kopā izbrauca no skolas uz mājām. Leo brauca ar vidējo ātrumu 400 m/min, Beāte – 250 m/min. Leo nokļuvis līdz mājām apstājās un pasignalizēja ar velo taurīti Beātes virzienā, ka ir jau mājās. Skaņas ātrums gaisā ir 343,3 m/s. Attālums no skolas līdz mājām ir posms 0C 69. attēlā dotajā grafikā.

Apzīmēsim ar x_1 attālumu, cik tālu izplatījās skaņa no Leo velo taurītes, kad Beāte to izdzirdēja. Apzīmēsim ar x_2 attālumu, cik tālu Beāte nobrauca šajā laikā no brīža, kad Leo bija ieradies mājās un sāka signalizēt ar velo taurīti, līdz brīdim, kad viņa izdzirdēja skaņu.

A Cik lielā attālumā x_1 no mājas Beāte, braucot ar velosipēdu, izdzirdēja velo taurītes skaņu?

Atbilde: $x_1 =$ _____ m **[1 p]**

B Neredzot, ka Beāte tuvojas, Leo sāka taurēt ik pēc sekundes. Kā mainīsies laika intervāls, pēc kura Beāte sadzirdēs katru nākamo skaņas signālu, ja Beāte turpina vienmērīgi braukt virzienā uz māju?

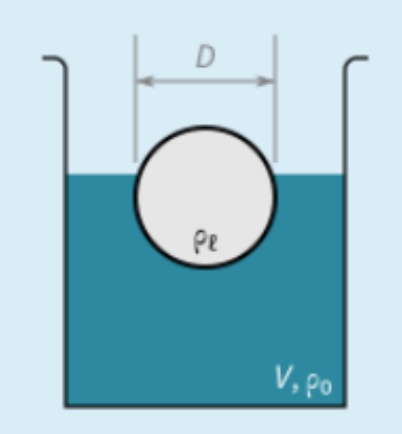
Atbilde: [1 p]

- samazināsies
- palielināsies
- nemainīsies

N2018-9-2. LODĪTE ŪDENĪ

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Stikla traukā ar ūdeni ieliek plastmasas lodīti (72. att.). Ūdens blīvums ρ_0 = 1,00 g/cm^3, brīvās krišanas paātrinājums g = 9,8 m/s^2. Pieņemsim, ka lodīte ir homogēna, tās diametrs ir D = 15,0 mm un materiāla blīvums ρ_1 = 1,10 g/cm^3. Lodes tilpums: $V = \frac{4}{3}\pi R^3$



72. att.

1.

A Cik liels smaguma spēks darbojas uz lodīti?

Atbilde: F_{sm} = ☐ N. **[1 p]**

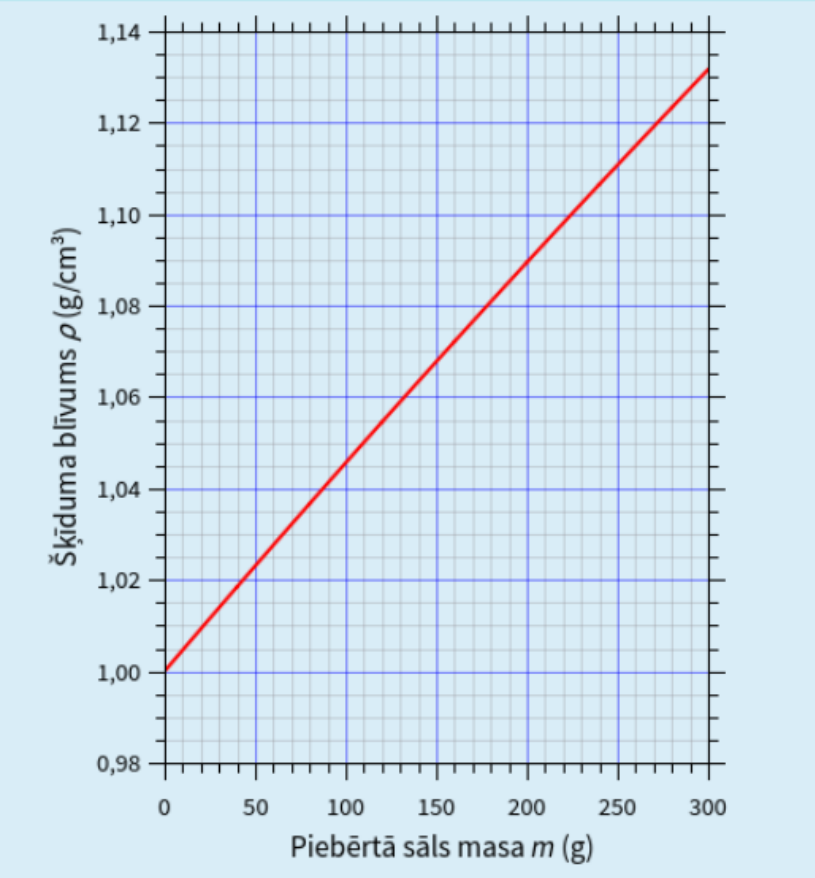
B Cik liels Arhimēda spēks darbojas uz lodīti?

Atbilde: F_A = ☐ N. **[1 p]**

C Cik liels ir spēks, ar kuru lodīte iedarbojas uz trauka dibenu?

Atbilde: F = ☐ N. **[1 p]**

2. Ūdenim pakāpeniski pieber vārāmo sāli. Šķīduma blīvuma atkarība no piebērta sāls masas ir redzama 73. attēla grafikā.



73. att.

Ir zināms, ka, izšķīdinot ūdenī 3,31 g sāls, šķīduma tilpums palielinās par 1 cm^3. Risinot uzdevumu, šķīduma tilpuma izmaiņas attiecību pret pievienoto sāls masu uzskatīt par konstantu.

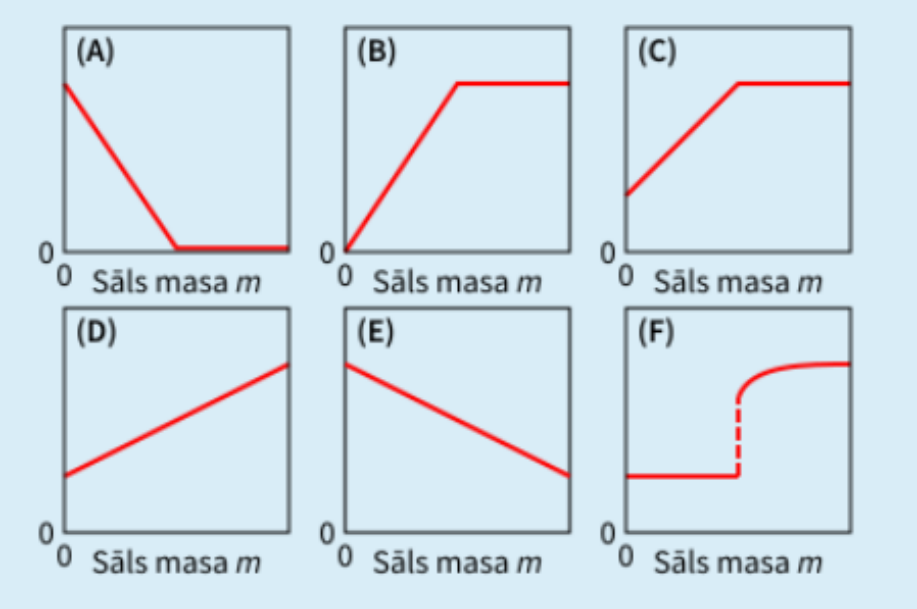
A Cik liels ir traukā ielietā ūdens tilpums?

Atbilde: V_0 = _____ *l*. **[1 p]**

B Cik liela sāls masa ir jāpieber ūdenī, lai lodīte sāktu peldēt?

Atbilde: m_{min} = _____ g. **[1 p]**

3. Doti grafiki, kur uz horizontālās ass atlikta piebērtā sāls masa *m*, bet uz vertikālās ass – kāds cits fizikālais lielums. Atbildot uz jautājumiem, pieņemt, ka katra grafika horizontālās ass galapunkts atbilst piebērtā sāls masai 400 g un katrā no apskatītajiem gadījumiem lodīte šķīdumā atrodas līdzsvarā.



74. att.

A Kurā no 74. attēla grafikiem parādīta šķīduma spiediena pie trauka dibena atkarība no piebērtā sāls masas?

Atbilde: [1 p] A/B/C/D/E/F

B Kurā no grafikiem parādīta Arhimēda spēka, kas darbojas uz lodīti atkarība no piebērtā sāls masas?

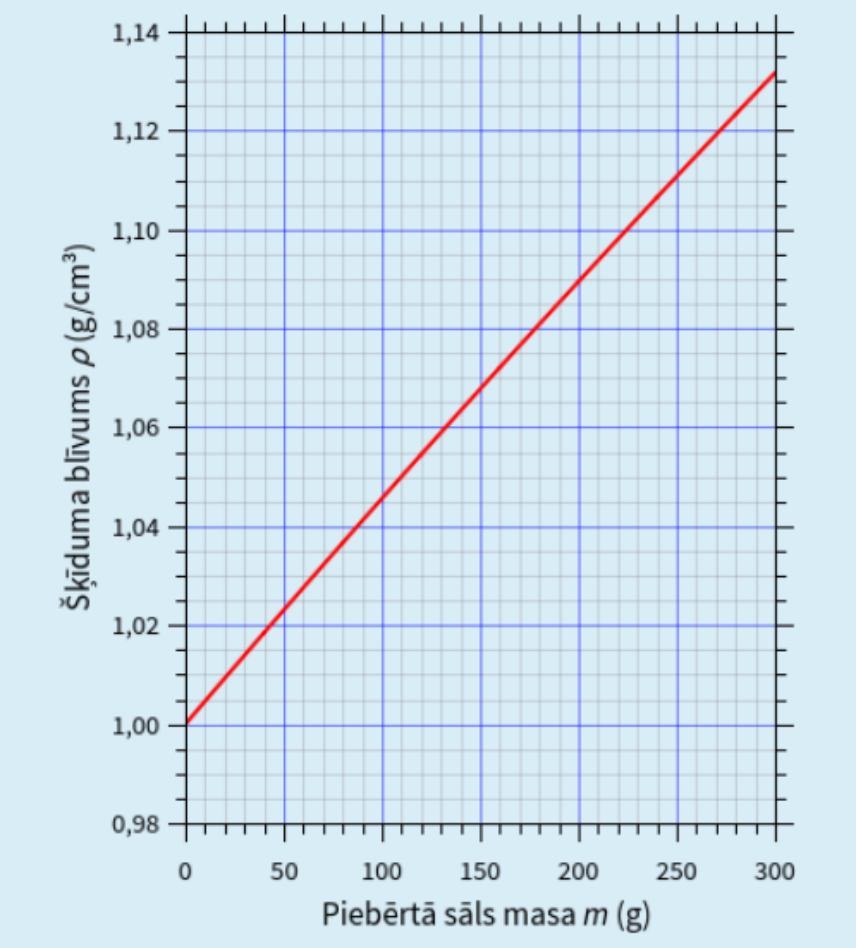
Atbilde: [1 p] A/B/C/D/E/F

C Kurā no grafikiem parādīta spēka, ar kādu lodīte iedarbojas uz trauka dibenu, atkarība no piebērtā sāls masas?

Atbilde: [1 p] A/B/C/D/E/F

D Kurā no 74. attēla grafikiem parādīta lodītes centra pozīcijas virs trauka dibena atkarība no piebērtā sāls masas?

Atbilde: [1 p] A/B/C/D/E/F



75. att.

4. Cik daudz sāls ir jāieber ūdenī, lai lodīte peldētu tā, ka 98% no tās tilpuma būtu iegrimuši šķīdumā? Risinājumā izmantojiet 75. attēlā doto grafiku!

Atbilde: m = ☐ g **[1 p]**

N2018-9-3. ZIEMAS PĀRGĀJIENS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Tūristu grupa ziemā devās pārgājienā. Jautājumi uzdevumā ir saistīti ar dažādām situācijām, kuras tūristi piedzīvoja pārgājiena laikā.

Aprēķinos izmantojamie lielumi:

ūdens blīvums $\rho_ū$ = 1 g/cm^3, ūdens īpatnējā siltumietilpība $c_ū$ = 4,2 kJ/(kg·°C), ledus īpatnējais kušanas siltums λ = 330 kJ/kg, dzelzs īpatnējā siltumietilpība c_{dz} = 0,46 kJ/(kg·°C), ūdens īpatnējais iztvaikošanas siltums L = 2260 kJ/kg, benzīna īpatnējais sadegšanas siltums q = 44 MJ/kg, benzīna blīvums ρ_b = 0,7 g/cm^3.

1. Tūristi vārīja ūdeni, izmantojot portatīvo benzīna degli un nelielu slēgtu tējas katlu. Viņi uzsildīja 4 l ūdens no 5 °C līdz 95 °C. Šajā uzdevuma daļā katla siltumietilpību un siltuma zudumus neņemam vērā.

A Cik liels siltuma daudzums tika pievadīts ūdenim šajā procesā?

Atbilde: Q = _____ kJ **[1 p]**

B Cik litru benzīna sadedzināja, lai ūdeni uzsildītu no 5 °C līdz 95 °C?

Atbilde: V_b = _____ l **[1 p]**

2. Lai uzsildītu pusdienās nezināmu ūdens masu no 10 °C līdz vārīšanās temperatūrai 100 °C, benzīna deglis tika darbināts 15 minūtes. Tad viens no tūristiem atvēra katla vāku, lai ielietu krūzē ūdeni tējai un aizmirsa to uzlikt atpakaļ. Rezultātā ūdens pilnībā iztvaikoja. Katla siltumietilpību un siltuma zudumus neņemam vērā. Pieņemsim, ka benzīna deglim ir konstanta jauda.

A Kurš no siltuma daudzumiem ir lielāks? **[1 p]**

- Siltuma daudzums, kas tika patērēts, lai sasildītu ūdeni
- Siltuma daudzums, kas tika patērēts ūdens iztvaicēšanai
- Abos posmos siltuma daudzumi ir vienādi
- Nezinot ūdens masu, nevar atbildēt

B Pēc cik ilga laika ūdens pilnībā iztvaiko?

Atbilde: t = _____ min **[1 p]**

3. Lai sagatavotu pusdienas, tūristi izmantoja lielu dzelzs katlu, kura masa m_{dz} = 1,2 kg. Temperatūra ārā bija 0 °C. Tuvumā nebija avota, no kurienes pasmelt ūdeni, tāpēc ūdens ieguvei viņi izmantoja 8 kg slapja sniega, kura temperatūra arī bija 0 °C. 80% slapjā sniega masas veidoja ledus kristāliņi un 20% – ūdens. Slapjo sniegu ielika katlā, izkausēja un iegūto ūdeni sasildīja līdz 100 °C.

A Cik liels siltuma daudzums tika pievadīts dzelzs katlam, lai to sasildītu no 0 °C līdz 100 °C temperatūrai, neņemot vērā siltuma daudzumu, kas patērēts sniega izkausēšanai?

Atbilde: Q_{Dz} = _____ kJ **[0,5 p]**

B Cik liels siltuma daudzums tika patērēts slapjā sniega izkausēšanai un iegūtā ūdens sasildīšanai līdz vārīšanās temperatūrai 100 °C, neņemot vērā siltuma daudzumu, kas patērēts katla uzsildīšanai?

Atbilde: $Q_{ū}$ = _____ kJ **[1 p]**

C Pieņemsim, ka dzelzs katla sasildīšanai, slapjā sniega izkausēšanai un iegūtā ūdens sasildīšanai līdz vārīšanās temperatūrai patērēja Q = 5527 kJ, kas ir 60 % no siltuma daudzuma, ko radīja benzīna deglis. Cik litrus benzīna sadedzināja tūristi?

Atbilde: V = _____ l **[1 p]**

4. Pēc ūdens vārīšanas tējai vakariņās nelielajā tējas katlā palika 2 litri ūdens, kura temperatūra bija 30 °C. Katlā ielika vēl 1 kg slapja sniega 0 °C temperatūrā un kārtīgi samaisīja. Tā rezultātā ūdens temperatūra samazinājās līdz 15 °C. Katla siltumietilpību un siltuma zudumus neņemam vērā.

A Cik daudz ūdens procentuāli (pēc masas) bija slapjā sniegā?

Atbilde: _____ % **[1 p]**

B Cik liels siltuma daudzums tika patērēts, lai izkausētu slapjā sniegā esošos ledus kristāliņus?

Atbilde: Q_{izk} = _____ kJ **[0,5 p]**

5. Nakts laikā viens tūrists aizmirsa ārā plastmasas pudeli ar ūdeni. Pudelē izveidojās tā saucamais pārdzesētais ūdens temperatūrā t = -20 °C, t. i., ūdens nesasala, bet ūdens temperatūra pudelē pazeminājās zem ūdens kristalizācijas temperatūras. No rīta, nedaudz sakratot pudeli, tajā strauji izveidojās ledus gabaliņi un kāda daļa ūdens palika šķidrā stāvoklī.

A Kā mainīsies maisījuma temperatūra pēc pudeles sakratīšanas? **[0,5 p]**

- pieaugs no -20 °C līdz 0 °C
- pieaugs no -20 °C līdz -5 °C
- pieaugs no -20 °C līdz -10 °C
- nemainīsies un paliks -20 °C
- samazināsies zem -20 °C

B Kas atdod siltumu pudelē notiekošos procesos? **[0,5 p]**

- ūdens, pārvēršoties par ledu
- ūdens, sasilstot no - 20 °C līdz maisījuma beigu temperatūrai
- ūdens, pārvēršoties par ledu un sasilstot līdz maisījuma beigu temperatūrai
- nekas neatdod siltumu apskatītajā procesā

C Pieņemot, ka pārdzesētā ūdens īpatnējā siltumietilpība ir 4,2 kJ/(kg·°C), ledus īpatnējais kušanas siltums λ = 330 kJ/kg, novērtēt, cik liela pārdzesētā ūdens daļa procentuāli pārvēršas par ledus gabaliņiem?.

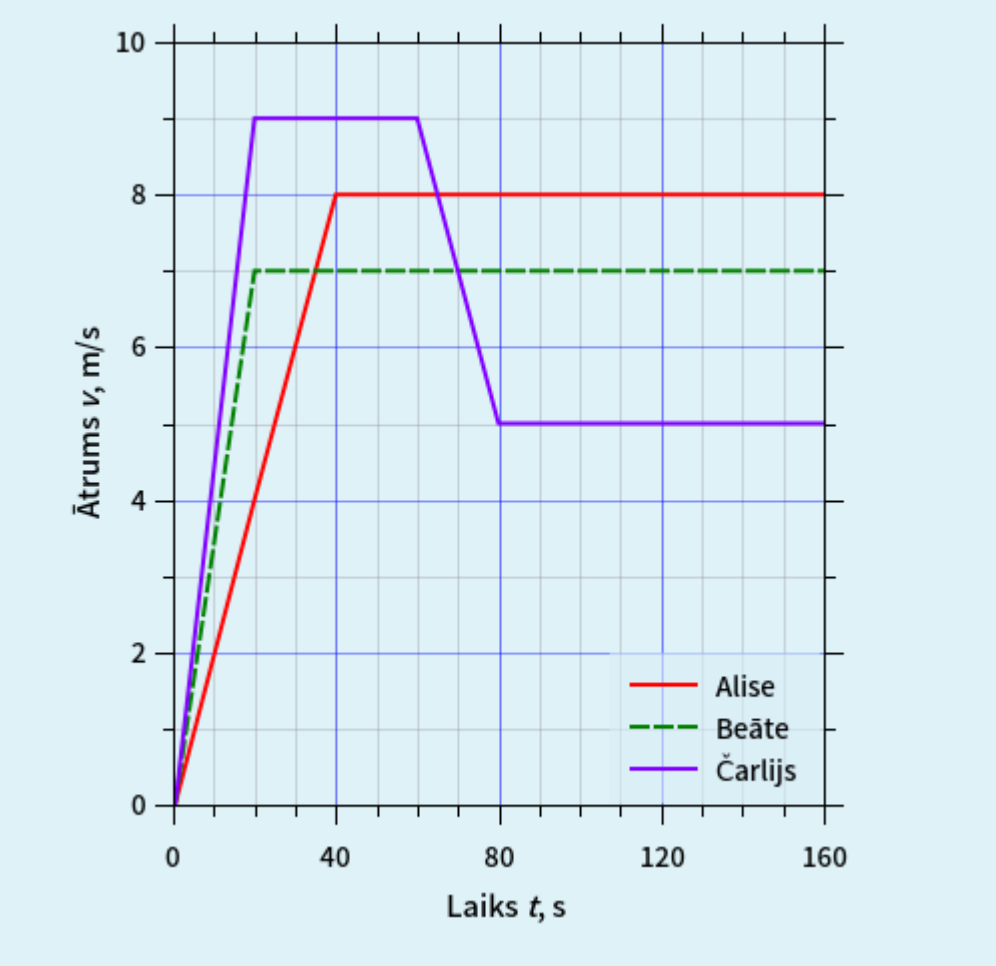
Atbilde: _____ % **[1 p]**

10. klase

N2018-10-1. VELOBRAUKŠANAS SACENSĪBAS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Trīs velobraucēji – Alise, Beāte un Čārlijs – uzsāka braucienu vienlaicīgi. Grafikā attēlota viņu ātruma izmaiņa laikā. Kad bija pagājušas 60 s, Čārlijam sāka sāpēt kāja, tāpēc viņš pakāpeniski samazināja ātrumu.



76. att.

Risinot visus sekojošos uzdevuma jautājumus, jāizmanto 76. attēlā dotais grafiks.

1. Kuram sacensību dalībniekam vai dalībniekiem ir

A vislielākais paātrinājums laikā t = 10 s kopš kustības sākuma? **[0,5 p]**

- Alisei
- Beātei
- Čārlijam
- Alisei un Beātei
- Beātei un Čārlijam
- Alisei un Čārlijam
- Visiem dalībniekiem ir vienāds paātrinājums

B vislielākais ātrums laikā t = 40 s kopš kustības sākuma? **[0,5 p]**

- Alisei
- Beātei
- Čārlijam
- Alisei un Beātei
- Beātei un Čārlijam
- Alisei un Čārlijam
- Visiem dalībniekiem ir vienāds ātrums

C vismazākais paātrinājums laikā t = 30 s kopš kustības sākuma? **[0,5 p]**

- Alisei
- Beātei
- Čārlijam
- Alisei un Beātei
- Beātei un Čārlijam
- Alisei un Čārlijam
- Visiem dalībniekiem ir vienāds paātrinājums

D vismazākais ātrums laikā t = 70 s kopš kustības sākuma? **[0,5 p]**

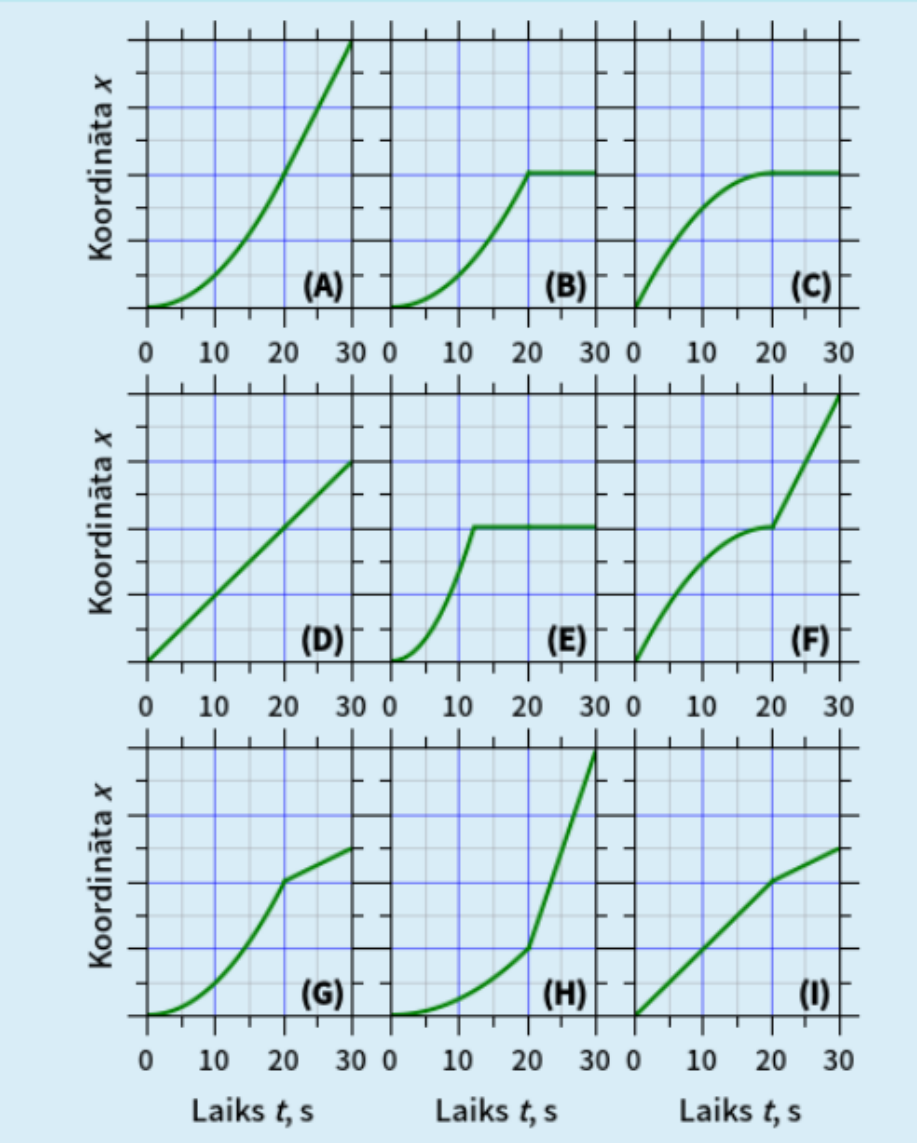
- Alisei
- Beātei
- Čārlijam
- Alisei un Beātei
- Beātei un Čārlijam
- Alisei un Čārlijam
- Visiem dalībniekiem ir vienāds ātrums

E vislielākais paātrinājums laikā t = 100 s kopš kustības sākuma? **[0,5 p]**

- Alisei
- Beātei
- Čārlijam
- Alisei un Beātei
- Beātei un Čārlijam
- Alisei un Čārlijam
- Visiem dalībniekiem ir vienāds paātrinājums

2. Kustības pirmajās 20 sekundēs Alise nobrauca ☐ m **[0,5 p]**, Beāte nobrauca ☐ m [**0,5 p]**, un Čārlijs nobrauca ☐ m. **[0,5 p]**

3. Kurš no 77. attēlā dotajiem grafikiem apraksta Beātes koordinātas x maiņu laikā? **[1 p]**



77. att.

4. Sacensību distances garums ir 1 km.

A Cik ilgā laikā kopš kustības sākuma Alise nobrauca 1 km?

Atbilde: t_A = _____ s **[1 p]**

B Kurš no velobraucējiem uzvarēja sacensībās?

Atbilde: [1 p] • Alise • Beāte • Čārlijs

C Kurš no velobraucējiem uzvarētu, ja distances garums būtu 600 m?

Atbilde: [1 p] • Alise • Beāte • Čārlijs

5. Alisei ir suns, kurš sacensību sākumā atrodas 200 m attālumā pirms starta. Kad sākas sacensības, suns sāk skriet Alises virzienā ar ātrumu 15 m/s, bet Alise brauc virzienā prom no suņa ar mainīgu ātrumu, kas attēlots uzdevumā dotajā grafikā.

A Cik liels būs Alises kustības paātrinājums brīdī, kad suns viņu panāks?

Atbilde: a = ☐ m/s^2 **[1 p]**

B Pēc cik ilga laika kopš kustības sākuma suns panāks Alisi?

Atbilde: t = ☐ s **[1 p]**

N2018-10-2. VIRPINĀMAIS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Pagājušā gadā lielu popularitāti ieguva grozāmgrābslis jeb virpināmais (angliski: *fidget spinner*). Tas sastāv no centra daļas, kas ir nekustīga, un simetriski izvietotām 3 "kājām", kas var brīvi, gandrīz bez berzes, griezties ap centrālo daļu (78. att.).

Visā uzdevumā pieņemt, ka virpināmais atrodas uz horizontāla galda un mēs uz to skatāmies no augšas.

1. Virpināmais veic 300 apgriezienus minūtē. Cik liela ir tā rotācijas frekvence hercos?

Atbilde: f = ☐ Hz **[1 p]**

2. Uz vienas no kājām, attālumā R = 10 cm no rotācijas centra, tiek novietota monēta (kā redzams 79. attēlā) ar masu m = 2,30 g. Ja lēnām palielina virpināmā ātrumu, tad vienā brīdī monēta izslīd un nokrīt no virpināmā, un kādu laiku turpina slīdēt pa galdu.

Monēta izslīd, kad virpināmā rotācijas frekvence ir f = 2 Hz. Cik liels ir monētas lineārais ātrums izslīdēšanas brīdī?

Atbilde: v = ☐ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ **[1 p]**

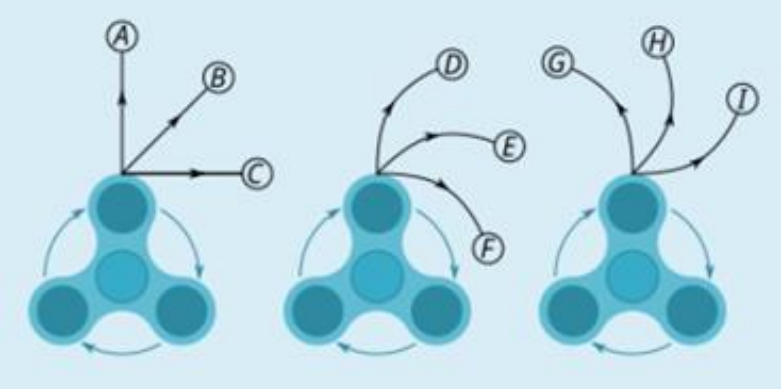
79. att.

3. Ja uz virpināmā ir novietotas divas monētas (katra uz citas kājas), un virpināmā rotācijas ātrums tiek lēnām palielināts, tad pirmā izslīdēs (m – monētas masa, r – monētas attālums līdz rotācijas asij) (abām monētām ir viens un tas pats berzes koeficients): **[1 p]**

- Vieglākā monēta
- Smagākā monēta
- Monēta, kura atrodas tuvāk virpināmā rotācijas asij
- Monēta, kura atrodas tālāk no virpināmā rotācijas ass
- Abas vienlaicīgi
- Monēta, kurai ir lielāks $m \cdot r$
- Monēta, kurai ir mazāks $m \cdot r$
- Monēta, kurai ir lielāks $\frac{m}{r}$
- Monēta, kurai ir mazāks $\frac{m}{r}$

4. Monēta novietota attālumā R = 10 cm no rotācijas centra un berzes koeficients starp virpināmo un monētu ir μ = 0,3. Monētas masa ir m = 2,30 g. Lēnām palielina virpināmā rotācijas ātrumu. Cik liela būs virpināmā minimālā rotācijas frekvence, pie kuras monēta izslīdēs? Brīvās krišanas paātrinājums g = 9,81 m/s^2. Monētas izmērus neņemsim vērā un modelēsim monētu kā punktu, kas atrodas attālumā R no rotācijas centra.

Atbilde: f = _____ Hz **[1 p]**



80. att.

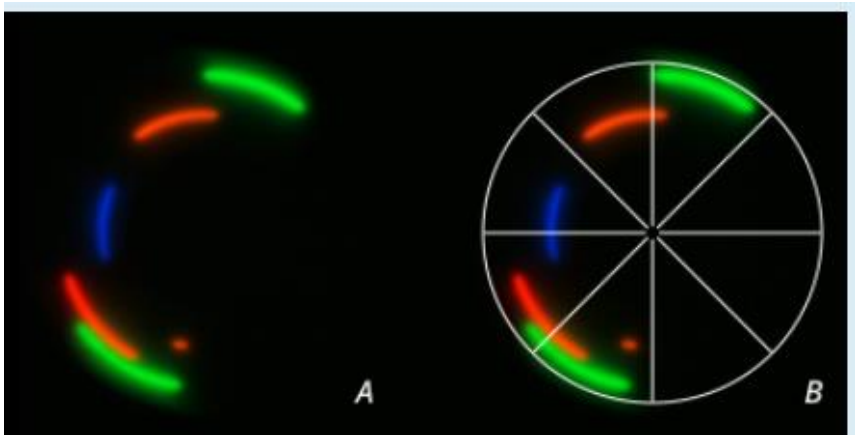
5. Kura no 80. attēlā parādītajām trajektorijām vislabāk apraksta monētas slīdēšanu pa galdu pēc nokrišanas no virpināmā?

Atbilde: [1 p] A/B/C/D/E/F/G/H/I

6. Monētai, slīdot pa galdu, berzes spēks ir nemainīgs un vienāds ar F_b = 0,01 N un tas ir vērsts pretēji kustības virzienam. Monētas masa ir m = 2,30 g. Monētas ātrums pēc nokrišanas uz galda horizontālā virzienā ir v_0 = 2 m/s. Cik garu ceļu pēc nokrišanas uz galda monēta veic līdz tā apstājas?

Atbilde: s = _____ cm **[1 p]**

7. Uz vienas no virpināmā kājām atrodas trīs dažādu krāsu LED lampiņas, kuras ieslēdzot mirgo – zilā, zaļā un sarkanā krāsā. Zināms, ka katrā laika momentā spīd vismaz viena lampiņa. Ja virpināmo iegriež un nofotografē, tad iegūst attēlu 81.A. Lai būtu vieglāk mērīt un atbildēt uz jautājumiem, fotogrāfijai virsū ir uzlikts režģis (attēls 81.B).



81. att.

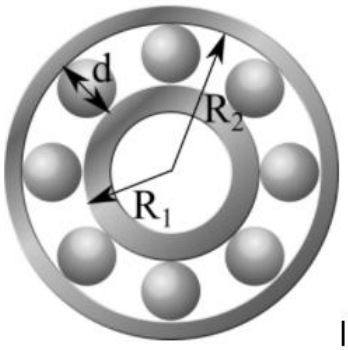
A Izmantojot attēlu 81.B, novērtē, cik ilgi spīd zilā gaismiņa, ja bildes ekspozīcijas laiks (laiks, cik ilgi tiek uzņemta bilde) ir t = 0,077 s! Var pieņemt, ka virpināmais griežas vienmērīgi.

Atbilde: t = _____ s **[1 p]**

B Izmantojot attēlu 81.B, novērtēt virpināmā rotācijas periodu, ja fotogrāfijas ekspozīcijas laiks ir t = 1/13 s.

Atbilde: T = _____ s **[1 p]**

8. Virpināmā galvenā sastāvdaļa ir gultnis, kas sastāv no lodītēm, kuras novietotas starp diviem gredzeniem (skatīt 82. attēlu). Gultņa lodītes visu laiku atrodas kontaktā ar abiem gredzeniem un var bez berzes ripot. Iekšējā gredzena ārējais rādiuss ir R_1 = 3,76 mm, ārējā gredzena iekšējais rādiuss ir R_2 = 5,76 mm, gultņa lodītes diametrs ir d = 2,00 mm.



82. att.

A Ja vienlaicīgi griež gan iekšējo gredzenu, gan ārējo gredzenu uz pretējām pusēm, var panākt, ka gultņa lodīte apgriežas ap savu asi vienu pilnu apgriezienu, bet paliek tajā pašā vietā. Par cik lielu leņķi attiecībā pret sākotnējo stāvokli pagriežas **iekšējais** gredzens, ja gultņa lodīte paliek uz vietas, vienlaicīgi veicot vienu pilnu apgriezienu ap savu asi?

Atbilde: φ_1 = ☐° **[0,5 p]**

B Par cik lielu leņķi attiecībā pret sākotnējo stāvokli pagriežas **ārējais** gredzens, ja gultņa lodīte apgriežas ap savu asi vienu pilnu apgriezienu, bet paliek tajā pašā vietā?

Atbilde: φ_2 = ☐° **[0,5 p]**

9. Cik daudz apgriezienus ap savu asi veic gultņa lodīte, ja iekšējais gredzens tiek turēts nekustīgs un ārējais gredzens veic vienu pilnu apgriezienu? Par gultņa lodītes vienu pilnu apgriezienu uzskatīsim gadījumu, kad viens un tas pats lodītes punkts pieskaras iekšējam gredzenam.

Atbilde: N = ☐ apgriezieni. **[1 p]** (Atbildi noapaļot līdz desmitdaļām).

N2018-10-3. SAULES APTUMSUMS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Saules aptumsums notiek, kad Mēness pilnībā vai daļēji aizklāj Sauli. Iepriekšējais pilnais Saules aptumsums uz Zemes notika 2017. gada 21. augustā. Aptumsumi notiek neregulāri, jo Mēness orbīta veido 5 grādu leņķi ar Zemes orbītu. Šajā uzdevumā Saules aptumsumu aplūkosim vienkāršotā veidā, pieņemot, ka Zemes un Mēness orbītas atrodas vienā plaknē un to rotācijas asis ir šai plaknei perpendikulāras.

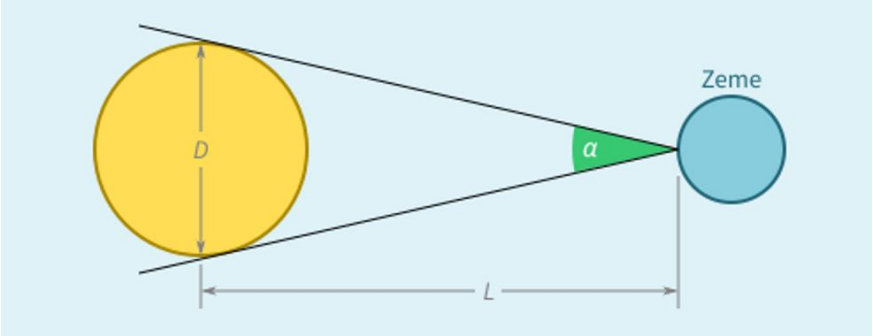
Risinot uzdevumu, pieņemt, ka Saules rādiuss R_S = 695 700 km, Zemes rādiuss R_Z = 6 370 km, Mēness rādiuss R_M = 1 737 km. Uzdevumā dotie attālumi starp debess ķermeņiem tiek mērīti starp to centriem.

1. Vidējais attālums starp Zemi un Sauli $d_{ZS} = 1{,}496 \cdot 10^8$ km, savukārt vidējais attālums starp Zemi un Mēnesi $d_{ZM} = 3{,}85 \cdot 10^5$ km. Leņķiskā izmēra α definīcija ir parādīta 83. attēlā, kur *D* ir objekta diametrs, *L* – attālums līdz novērotājam un divi stari ir pieskares spīdekļa virsmai.

A Cik liels ir Saules vidējais leņķiskais izmērs, skatoties no Zemes punkta, kas ir vistuvāk Saulei? (Atbilde jāieraksta ar precizitāti līdz tūkstošdaļai).

Atbilde:

$\alpha_S =$ ☐°. **[0,5 p]**



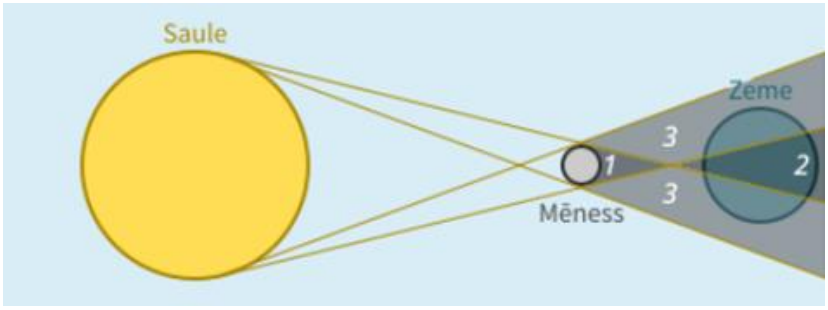
83. att.

B Cik liels ir Mēness vidējais leņķiskais izmērs, skatoties no Zemes punkta, kas ir vistuvāk Mēnesim? (Atbilde jāieraksta ar precizitāti līdz tūkstošdaļai).

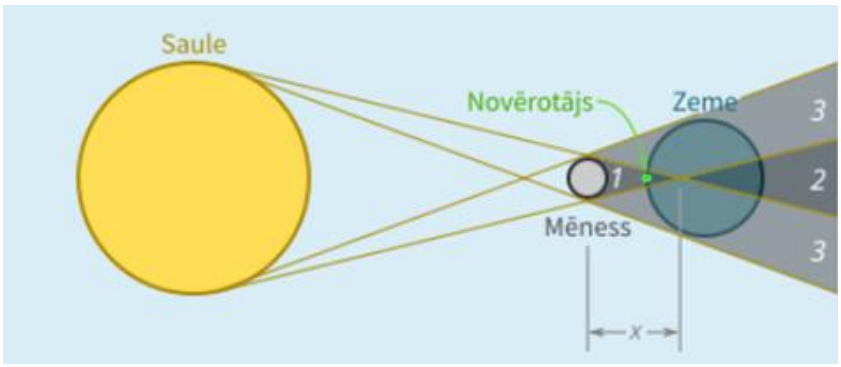
Atbilde:

$\alpha_M =$ ☐°. **[0,5 p]**

2. Saules aptumsuma veids ir atkarīgs no Saules, Zemes un Mēness savstarpējā novietojuma (skat. 84. un 85. att., mērogs nav ievērots). Apgabalā 1 novēro pilnu Saules aptumsumu (85. att.), apgabalā 2 – gredzenveida Saules aptumsumu (84. att.), savukārt apgabalā 3 – daļēju Saules aptumsumu. Visi aptumsuma veidi ir ilustrēti 86. attēlā.



84. att.



85. att.

86. att.

Kuri no apgalvojumiem ir pareizi, Saules aptumsumu novērojot no Zemes?

Atbilde: [1 p]

Izvēlieties vienu vai vairākas:

- ☐ Pilna Saules aptumsuma laikā Saules, Zemes un Mēness centri vienmēr atrodas uz vienas taisnes.
- ☐ Daļēja Saules aptumsuma laikā vienmēr ir spēkā nevienādība $\alpha_S > \alpha_M$.
- ☐ Īsi pirms pilna Saules aptumsuma vienmēr var novērot daļēju Saules aptumsumu.
- ☐ Īsi pirms pilna Saules aptumsuma vienmēr var novērot gredzenveida Saules aptumsumu.
- ☐ Gredzenveida Saules aptumsuma laikā vienmēr ir spēkā nevienādība $\alpha_S > \alpha_M$.
- ☐ Pilna Saules aptumsuma laikā vienmēr ir spēkā nevienādība $\alpha_S > \alpha_M$.
- ☐ Gredzenveida Saules aptumsuma laikā Saules, Zemes un Mēness centri vienmēr atrodas uz vienas taisnes.

Turpmāk uzdevumā pieņemt, ka novērotājs atrodas uz ekvatora, Saulei vistuvākajā punktā uz Zemes (zaļš punkts 85. attēlā).

3. Zemes un Mēness orbītas nav pilnībā riņķveida: attālums starp Zemi un Sauli d_{ZS} mainās robežās no $1{,}471 \cdot 10^8$ km līdz $1{,}521 \cdot 10^8$ km, savukārt attālums starp Zemi un Mēnesi d_{ZM} – no $3{,}564 \cdot 10^5$ km līdz $4{,}067 \cdot 10^5$ km. Kādos gadījumos iespējams novērot pilnu Saules aptumsumu?

Atbilde: [1 p]

Izvēlieties vienu vai vairākas:

- ☐ d_{ZS} un d_{ZM} ir minimāli
- ☐ d_{ZS} un d_{ZM} ir maksimāli
- ☐ d_{ZS} ir minimāls, bet d_{ZM} – maksimāls
- ☐ d_{ZS} ir maksimāls, bet d_{ZM} – minimāls

4. Cik liels ir vidējais Mēness kustības ātrums, tam rotējot ap Zemi? Vidējais attālums starp Zemi un Mēnesi $d_{ZM} = 3{,}85 \cdot 10^5$ km, Mēness apriņķošanas periods $T_M = 27{,}3$ diennaktis.

Atbilde: $v_M =$ ☐ km/s. **[1 p]**

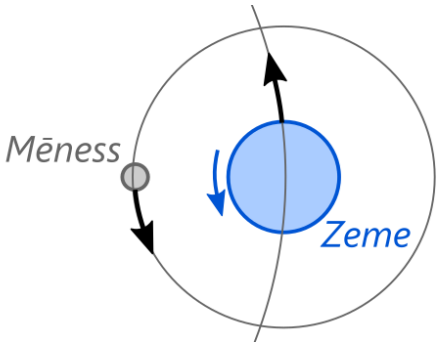
5. Cik liels ir Zemes rotācijas ātrums uz ekvatora? Zemes rotācijas periods ap savu asi $T = 23$ h 56 min. (Atbilde jāieraksta ar precizitāti līdz simtdaļai).

Atbilde: $v_{Zrot} =$ ☐ km/s. **[1 p]**

6. Mēness un Zemes kustības virzieni, kā arī Zemes rotācijas virziens, ir parādīti 87. attēlā. Mēness kustības ātrums pa orbītu v_M = 1,1 km/s, Zemes rotācijas ātrums uz ekvatora $v_{Z,r}$ = 0,6 km/s, Zemes kustības ātrums ap Sauli v_Z = 29,8 km/s (šīs vērtības atšķiras no iepriekš aprēķinātām).

Cik liels ir Mēness ēnas kustības ātrums pa Zemes virsmu?

Atbilde: v = ☐ km/s. **[1 p]**



87. att.

7. 2186. gadā notiks grandiozs pilnais Saules aptumsums, kurā maksimālais Mēness ēnas rādiuss uz Zemes virsmas būs 133 km, bet ēnas kustības ātrums – 0,6 km/s (šī vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās). Cik liels būs pilna Saules aptumsuma maksimālais ilgums?

Atbilde: t = ☐ min. **[1 p]**

8. Pilna Saules aptumsuma laikā 2017. gada 21. augustā attālumi starp debess ķermeņiem bija $d_{ZS} = 1{,}513 \cdot 10^8$ km un $d_{ZM} = 3{,}72 \cdot 10^5$ km.

A Cik gara ir Mēness ēna, t. i. cik liels attālums ir starp Mēness centru un pilnās ēnas beigām (skat. 85. att.)?

Atbilde: x = ☐ km. **[1 p]**

B Cik plata ir pilna aptumsuma josla, t. i., Mēness ēnas diametrs uz Zemes virsmas?

Atbilde: D = ☐ km. **[1 p]**

9. Attālums starp Zemi un Sauli mainās robežās no $1{,}471 \cdot 10^8$ km līdz $1{,}521 \cdot 10^8$ km, savukārt attālums starp Zemi un Mēnesi – no $3{,}564 \cdot 10^5$ km līdz $4{,}067 \cdot 10^5$ km. Katru gadu attālums starp Zemi un Mēnesi (gan minimālais, gan maksimālais) palielinās par Δd = 4 cm. Pēc cik ilga laika uz Zemes varēs novērot pēdējo pilno Saules aptumsumu?

Atbilde: t = ☐ miljoni gadu. **[1 p]**

11. klase

N2018-11-1. DZESĒŠANA

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Uzdevumā apskatīsim pārdzesēšanu – šķidras vielas temperatūras pazemināšanu zem sasalšanas temperatūras, nenotiekot fāžu pārejai. Lai šo parādību apskatītu, puslitra pudeli ar destilētu ūdeni ievieto saldētavā. Uzdevumā neņemsim vērā pašas pudeles atdzesēšanai nepieciešamo siltuma daudzumu.

Uzdevumā aprēķiniem izmantojamie lielumi:		
Ūdens īpatnējā siltumietilpība $c_ū$	4200	J/(kg·K)
Ūdens īpatnējais kristalizācijas siltums λ	$3{,}4\cdot10^5$	J/kg
Ūdens īpatnējais iztvaikošanas siltums L	$22{,}6\cdot10^5$	J/kg
Ūdens molmasa M	18	g/mol
Ledus īpatnējā siltumietilpība c_l	2200	J/(kg·K)
Atmosfēras spiediens p_{atm}	101,325	kPa
Molārā gāzu konstante R	8,31	J/(mol·K),

1. Puslitra pudeli ar destilētu ūdeni, kura masa $m_ū$ = 500 g un temperatūra T_0 = 20 °C, ieliek saldētavā, kuras iekšienē temperatūra T_1 = -15 °C.

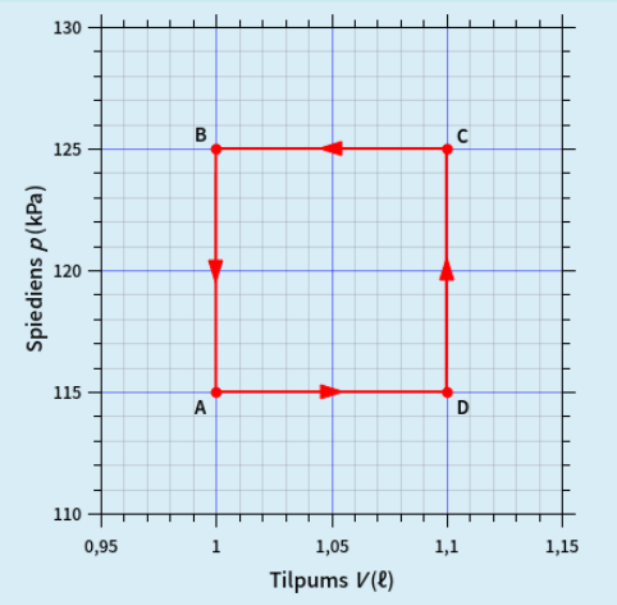
A Pieņemot, ka ūdens tiek pārdzesēts (t. i. ūdens sasniedz T_1, nenotiekot fāžu pārejai), cik liels siltuma daudzums Q_1 ir jāaizvada no pudeles, lai atdzesētu ūdeni no T_0 līdz T_1?

Atbilde: Q_1 = _____ kJ **[1 p]**

B Cik liels siltuma daudzums Q_2 būtu jāaizvada no pudeles ar ūdeni, ja tomēr ūdens netiktu pārdzesēts un būtu pārvērties par ledu pie 0 °C temperatūras, un tad atdzisis līdz T_1?

Atbilde: Q_2 = _____ kJ **[1 p]**

2. Apskatīsim ciklisku procesu, kas varētu vienkāršoti aprakstīt saldētavas kompresoru (skatīt 88. attēlu). Viens cikls ilgst t_c = 0,05 s, darba gāzes vielas daudzums n = 0,05 moli. Pieņemt, ka darba gāze ir ideāla vienatoma gāze.



88. att.

A Cik liela ir darba gāzes temperatūra punktos A un C?

Atbilde: T_A = _____ °C **[0,5 p]**

T_C = _____ °C **[0,5 p]**

B Cik lielu darbu A_g paveic darba gāze viena cikla laikā?

Atbilde: A_g = ☐ J **[1 p]**

C Cik daudz siltumenerģijas Q pievada darba gāzei no saldētavas viena cikla laikā?

Atbilde: Q = ☐ J **[1 p]**

D Cik liela ir saldētavas attīstītā lietderīgā jauda P, ja vienā ciklā aizvadītais siltuma daudzums Q = 40 J (vērtība atšķiras no iepriekšējā punktā aprēķinātās)?

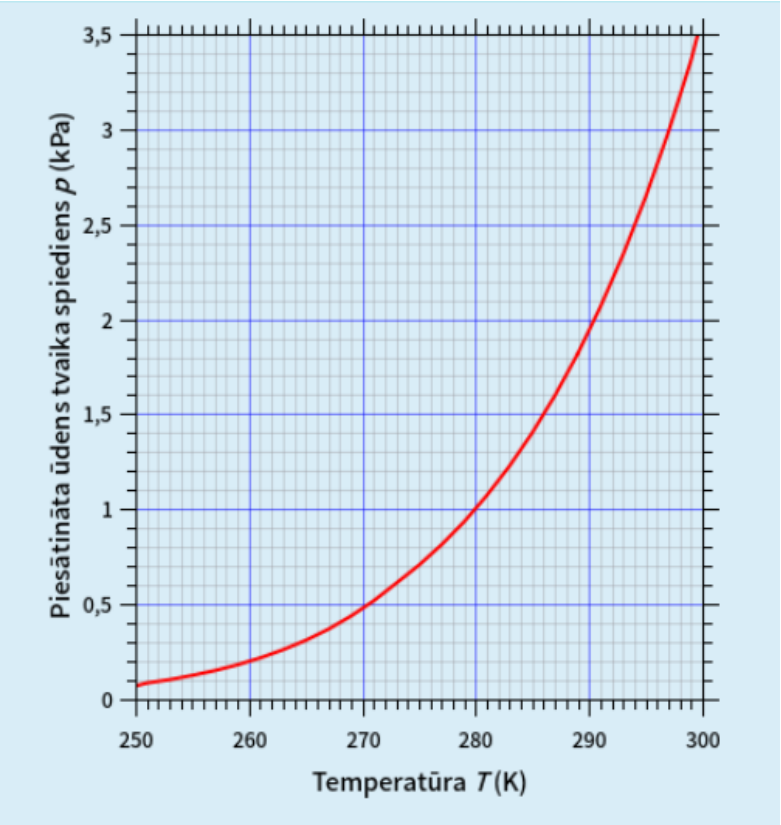
Atbilde: P = ☐ W **[1 p]**

E Cik ilgā laikā t_{dz} kompresors varētu atdzesēt saldētavā esošo gaisu, kura sākotnējā temperatūra T_0 = 20 °C un tilpums V = 100 l, līdz temperatūrai T_1 = - 15 °C, ja kompresors darbotos nepārtraukti? Pieņemsim, ka šajā laikā saldētavas siltuma zudumi apkārtējā vidē ir minimāli un gaiss ir ideāla vienatomu gāze. Saldētavas lietderīgā jauda P = 1 kW, kas atšķiras no iepriekšējā punktā aprēķinātās. Atbildi ieraksti ar precizitāti līdz desmitdaļai.

Atbilde: t_{dz} = ☐ s **[1 p]**

3. Pārsprāgusi ūdens pudele neveiksmīga ūdens pārdzesēšanas eksperimenta rezultātā nav vienīgais veids, kā saldētavā var nonākt ledus. Apskatīsim situāciju, kurā saldētava, kas sākotnēji ir istabas temperatūrā T_0 = 20 °C un relatīvais gaisa mitrums tajā r ir 60%, tiek ieslēgta un tādējādi atdzesēta līdz temperatūrai T_1 = -15 °C. Gaisa tilpums V saldētavā ir 100 l. Uzdevumā neņemt vērā saldētavas gaisa apmaiņu ar apkārtējo vidi.

Grafikā 89. attēlā dots piesātināta ūdens tvaika parciālspiediens atkarībā no temperatūras.



89. att.

A Pie cik lielas temperatūras T_k sāksies ūdens kondensācija?

Atbilde: T_k = ☐ °C **[1 p]**

B Cik liela ir kondensētā un sasalušā ūdens masa, kad saldētava atdzesēta līdz temperatūrai T_1? Pieņemt, ka T_k = 10 °C, kas atšķiras no iepriekš izrēķinātā! Atbildi ieraksti ar precizitāti līdz simtdaļai.

Atbilde: $m_ū$ = ☐ g **[1 p]**

4. Tomēr saldētavas un ledusskapji, pašsaprotami, nav vienīgie veidi, kā veikt atdzesēšanu. Viens no interesantākajiem veidiem, kas piemērots teritorijām karsta un sausa klimata zonās, ir ūdens iztvaikošanas izmantošana.

Iedomāsimies, ka mums ir pilna puslitra ūdens pudele (500 g ūdens) un lupata. Ar 100 g ūdens, kas ņemts no pudeles, (ņemt vērā, ka ūdens masa pudelē $m_{ūd}$ tagad ir 400 g) samitrina lupatu un tajā ietin pudeli un tad to vicina virs galvas, lai nodrošinātu labāku gaisa apmaiņu. Šādos apstākļos ūdens no lupatas salīdzinoši ātri iztvaiko un var atdzesēt pudeli.

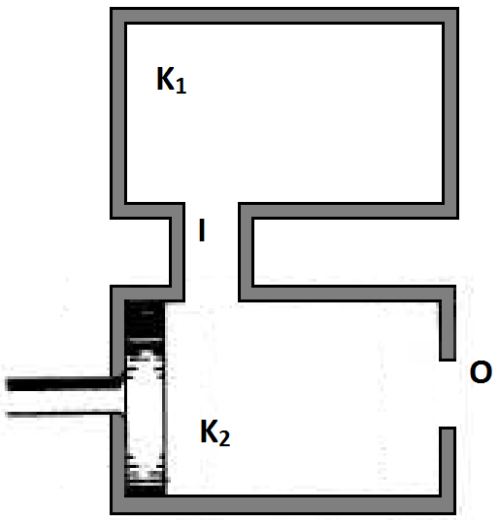
Par cik grādiem samazināsies pudelē esošā ūdens temperatūra, ja iztvaikos puse (50 g) no lupatā esošā ūdens? Pieņemt, ka 10% no iztvaikošanā iegūtās enerģijas tiek patērēta pudelē esošā ūdens dzesēšanai. Papildus var pieņemt, ka ūdens īpatnējais iztvaikošanas siltums nav atkarīgs no temperatūras.

Atbilde: $\Delta T =$ _____ °C **[1 p]**

N2018-11-2. "HYPERLOOP" PROJEKTS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

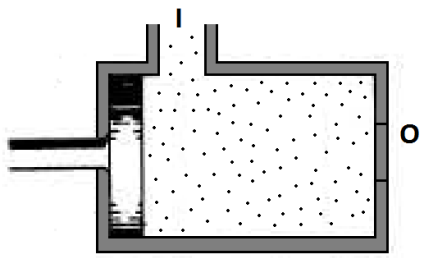
Aktuāls projekts ir Īlona Maska piedāvātais "Hyperloop". Masks piedāvā izveidot vakuumtuneli (metāla cauruļvadu, kura iekšienē tiek uzturēts daļējs vakuums), pa kuru varētu pārvietoties vagoniņi, pārvadājot cilvēkus ar rekordlielu ātrumu.



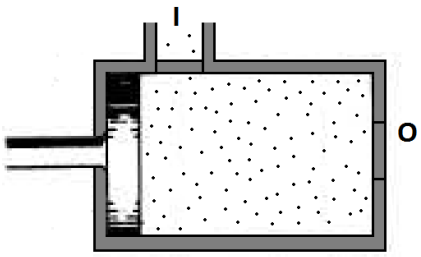
90. att.

Vispirms aplūkosim procesu, kā cauruļvadā var izveidot daļēju vakuumu. Viss cauruļvads ir sadalīts vairākos hermētiski noslēgtos nodalījumos. 90. att. redzams vakuumsūkņa modelis, kas darbojas vienā nodalījumā. Kamera K_1 atbilst vienam "Hyperloop" nodalījumam. Kamera K_2 ir vakuumsūkņa darba kamera. Kameras K_1 un K_2 savieno ievads I. Kameru K_2 ar atmosfēru savieno izvads O.

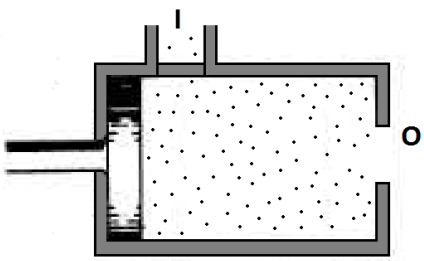
91. - 96. att. parādīts vakuumsūkņa darba cikls darba kamerā K_2. Vakuumsūknis sāk darbu, kad virzulis atrodas 91. att. redzamajā pozīcijā. Izvads O ir aizvērts, ievads I ir atvērts, un kamerās K_1 un K_2 gāze ir līdzsvara stāvoklī (temperatūra un spiediens abās kamerās ir vienādi). Tad ievadu I aizver (92. att.), izvadu O atver (93. att.), un virzulis tiek virzīts pa labi, izspiežot gaisu pa izvadu O, līdz nonāk 94. att. redzamajā pozīcijā. Tad izvadu O aizver (95. att.), virzuli atvirza līdz sākumstāvoklim (96. att.), atver ievadu I un atkal ļauj gāzei kamerās K_1 un K_2 nonākt līdzsvara stāvoklī (91. att.). Tad ir noticis viens pilns vakuumsūkņa darba cikls.



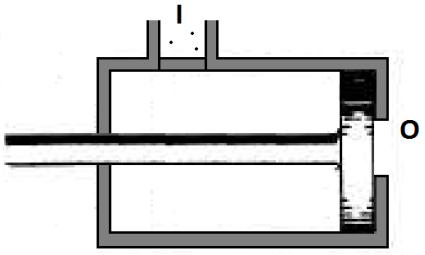
91. att.



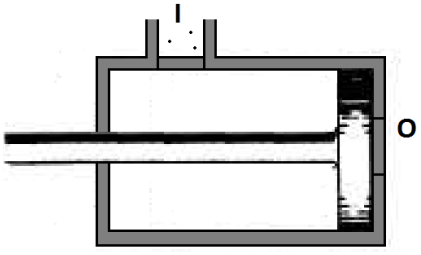
92. att.



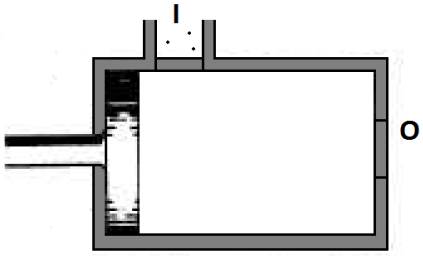
93. att.



94. att.



95. att.



96. att.

Kameras K_1 tilpums V_1 = 3460 m^3, kameras K_2 tilpums V_2 = 100 m^3. Uzskatīt, ka temperatūra visa procesa laikā nemainās. Savienojošo cauruļu tilpumu neievērot. Uzskatīt, ka virzulis pārvietojas bez berzes. Molārā gāzu konstante R = 8,31 J/(mol·K).

1. Cik liels ir gaisa daudzums kamerā K_1, ja tajā ir spiediens p = 101,3 kPa un temperatūra T = 27 °C? (Vakuumsūknis vēl nav sācis darboties.)

Atbilde: n = ☐ kmol **[1 p]**

2. Cik liels ir gaisa blīvums kamerā K_1, pieņemot, ka gaisa daudzums tajā ir n = 100 kmol (vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās)? Gaisa molmasa ir M = 0,029 kg/mol. (Atbilde jāieraksta ar precizitāti vismaz līdz simtdaļai).

Atbilde: ρ = ☐ kg/m^3 **[1 p]**

3. Salīdzināsim gaisu, kas 91. att. ir kamerā K_1 pirms vakuumsūkņa iedarbināšanas ar gaisu, kas tur ir pēc viena pilna vakuumsūkņa cikla veikšanas. Pēc viena vakuumsūkņa cikla kamerā K_1

A gaisa spiediens **[0,5 p]** ir
- lielāks
- mazāks
- tāds pats
- nav iespējams noteikt

B gaisa daudzums **[0,5 p]** ir
- lielāks
- mazāks
- tāds pats
- nav iespējams noteikt

C gaisa blīvums **[0,5 p]** ir

- lielāks
- mazāks
- tāds pats
- nav iespējams noteikt.

4. Apskatīsim pilnu vakuumsūkņa ciklu. Kad mainās gaisa spiediens kamerā K_1?

Atbilde: [0,5 p]

- pārejā no 91. att. uz 92. att.
- pārejā no 92. att. uz 93. att.
- pārejā no 93. att. uz 94. att.
- pārejā no 94. att. uz 95. att.
- pārejā no 95. att. uz 96. att.
- pārejā no 96. att. uz 91. att.
- gaisa spiediens cikla laikā nemainās

5. Ir noticis viens pilns vakuumsūkņa cikls. Cik liela ir attiecība gaisa spiedienam pēc cikla veikšanas pret gaisa spiedienu pirms cikla sākuma kamerā K_1?

Atbilde: $\frac{p_b}{p_s}$ **=** ☐ **[1 p]**

6. Pieņemsim, ka pēc viena vakuumsūkņa cikla gaisa spiediens kamerā K_1 samazinājās n = 1,13 reizes (vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās). Cik reizes samazinājās gaisa spiediens kamerā K_1 pēc 10 vakuumsūkņa cikliem?

Atbilde: n_b **=** ☐ **[1 p]**

Tagad aplūkosim vagoniņu, kas pārvietojas cauruļvadā ar daļējo vakuumu, kur gaisa blīvums ir $\rho = 0{,}024\ kg/m^3$. Uzskatīt, ka tas pārvietojas bez berzes. Ir zināms, ka gaisa pretestības spēku apraksta formula $F = C\rho v^2$, kur ρ ir gaisa blīvums, v ir vagoniņa ātrums, un C ir konstante. Zināms, ka konstantes C skaitliskā vērtība SI mērvienībās ir 0,693.

7. Kāda ir konstantes C mērvienība SI sistēmā?

Atbilde: [1 p]

- kg·m
- $kg \cdot m^2$
- m/kg
- m^2/kg
- m^3/s
- m^3/s^2
- m^2/s
- m^2/s^2
- m
- m^2
- m^3
- konstante C ir bezdimensionāla

8. Ar cik lielu spēku *F* būtu jāstumj vagoniņš, lai tas kustētos vienmērīgi ar ātrumu v = 200 m/s? Uz vagoniņu darbojas gaisa pretestības spēks.

Atbilde: *F* = ☐ N **[1 p]**

9. Vagoniņu iestūma ar dzinēju. Zināms, ka brīdī, kad vagoniņa ātrums bija v = 200 m/s, pretī gaisa pretestības spēkam darbojās *F* = 960 N liels dzinējspēks. Cik liela šajā brīdī bija dzinēja attīstītā jauda?

Atbilde: *P* = ☐ kW **[1 p]**

10. Pieņemsim, ka dzinējs attīsta laikā nemainīgu jaudu *P* = 100 kW (vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās), un vagoniņš kustas vienmērīgi. Uz vagoniņu darbojas gaisa pretestības spēks. Cik liels ir vagoniņa ātrums?

Atbilde: v = ☐ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ **[1 p]**

N2018-11-3. STARPTAUTISKĀ KOSMISKĀ STACIJA

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Starptautiskā kosmiskā stacija (SKS) ir apdzīvots mākslīgais pavadonis, kas riņķo pa zemu orbītu apkārt Zemei. Pati kosmiskā stacija sastāv no vairākiem moduļiem, saules baterijām un zinātniskā aprīkojuma. Skaidrā naktī stacija ir novērojama ar neapbruņotu aci. Šajā uzdevumā tiks apskatīti dažādi kosmiskās stacijas parametri, kā arī orbītas apstākļi. Turpmākajā uzdevumā pieņemt, ka Zemei ir lodveida forma, tās rādiuss R_{zeme} = 6400 km, gravitācijas konstante G = 6,7·10^{-11} $\frac{\text{m}^3}{\text{kg}\cdot\text{s}^2}$, Zemes masa M = 6,0·10^{24} kg.

1. Zināms, ka SKS orbīta ir riņķveida un atrodas *h* = 400 km virs Zemes virsmas. Tāpat zināms, ka SKS masa ir $m_{SKS} = 420\ t$. Noteikt cik liels Zemes radītais gravitācijas spēks darbojas uz SKS?

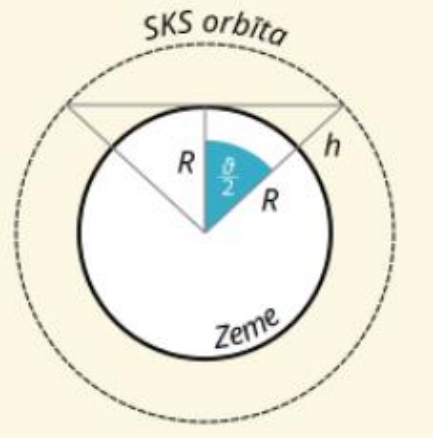
Atbilde: F = ☐ N **[1 p]**

2. Ar cik lielu orbitālo ātrumu SKS pārvietojas ap Zemi pie tādiem pašiem nosacījumiem – zinot, ka SKS orbīta ir riņķveida un atrodas *h* = 400 km virs Zemes virsmas?

Atbilde: v = ☐ $\frac{\text{km}}{\text{s}}$ **[1 p]**

3. Cik reizes diennaktī SKS apriņķo Zemi, kustoties pa orbītu augstumā h = 400 km ar ātrumu v = 7,5 km/s (šī vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās)?

Atbilde: *k* = ☐ reizes **[1 p]**



97. att.

4. Cik ilgu maksimālo laiku naktī novērotājam uz Zemes virsmas (augstums virs jūras līmeņa 0 m) iespējams novērot SKS, ja stacijas orbītas augstums *h* = 400 km un tā leņķiskais ātrums ω = 1,16·10^{-3} rad/s? Zemes rotāciju neievērosim.

Atbilde: *t* = ☐ min **[1 p]**

5. 98. attēlā dotajā grafikā attēlota SKS orbītas augstuma maiņa laikā.

Cik strauji vidēji SKS zaudē augstumu decembrī? Augstumu starpības nolasījumu noapaļot līdz tuvākajai veselai iedaļai kā arī pieņemt, ka mēnesī ir 30 dienas. Atbildi norādīt:

98. att.

A metros sekundē:

Atbilde: v_Z = ☐ m/s **[0,5 p]**

B metros pret vienu apriņķojumu, ja zināms, ka apriņķošanas laiks T = 90 min:

Atbilde:

$v`_Z$ = ☐ m/apriņķojums **[0,5 p]**

6. Cik liela ir SKS kinētiskās enerģijas attiecība pret tās potenciālo enerģiju? Ņemt vērā, ka priekšmeta ar masu m potenciālā enerģija kāda cita ķermeņa ar masu M radītajā gravitācijas laukā ir $E_{pot} = -\frac{GMm}{r}$, kur r ir attālums starp abu ķermeņu masas centriem.

Atbilde: $\frac{E_k}{E_p}$ = ☐ **[1 p]**

7. Cik lielu enerģiju apriņķojuma laikā ir zaudējusi SKS, ja zināms, ka SKS masa ir m = 420 t, tas riņķo pa orbītu h = 400 km augstumā un apriņķojuma laikā SKS zaudējusi Δh = 6 m (atšķiras no iepriekš aprēķinātās vērtības)? Ņemt vērā, ka priekšmeta ar masu m potenciālā enerģija kāda cita ķermeņa ar masu M radītajā gravitācijas laukā ir $E_{pot} = -\frac{GMm}{r}$, kur r ir attālums starp abiem ķermeņiem.

Atbilde: ΔE = ☐ MJ **[1 p]**

8. Ar cik lielu atmosfēras berzes spēku vidēji tiek bremzēta SKS, ja tā riņķo pa orbītu augstumā h = 410 km un apriņķojuma laikā ir zaudējusi enerģiju ΔE = 14 MJ (šī vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās)? (Atbildi rakstīt ar precizitāti vismaz līdz simtdaļām).

Atbilde: F = ☐ N **[1 p]**

9. Novērtēt daļiņu koncentrāciju atmosfērā, pieņemot, ka atmosfēras vidējais berzes spēks, kas darbojas uz SKS F = 0,4 N (šī vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās vērtības), gaisa vidējā molmasa M_g = 20 g/mol, kā arī pieņemt, ka vidējais molekulu kustības ātrums ir krietni mazāks nekā SKS kustības ātrums. Zināms, ka vidējais SKS frontālais laukums ir S = 60 m^2, kā arī SKS pārvietošanās ātrums v = 7,67 km/s (šī vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās). Avogadro skaitlis $N_A = 6{,}0 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}.

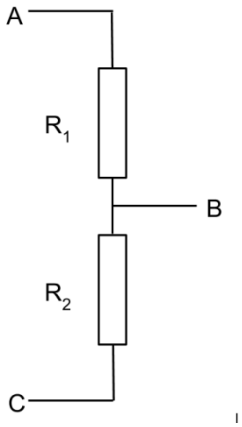
Atbilde: n = ☐ m^{-3} **[1 p]**

12. klase

N2018-12-1. SPRIEGUMU DALĪTĀJS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Šajā uzdevumā aplūkosim slēgumus, kas tiek izmantoti dažādu spriegumu iegūšanai.



99. att.

1. Apskatīsim sprieguma dalītāju, kas redzams 99. attēlā. Starp punktiem A un C ir pielikts spriegums U.

A Kādai ir jābūt rezistora pretestībai R_2 salīdzinājumā ar rezistora pretestību R_1, ja starp punktiem C un B ir pielikts spriegums $U/3$?

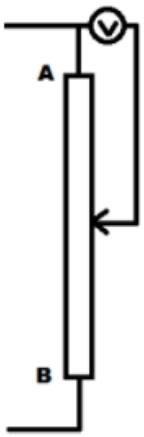
Atbilde: [1 p]

- $R_2 = 3R_1$
- $R_2 = 2R_1$
- $R_2 = \frac{1}{2}R_1$
- $R_2 = \frac{1}{3}R_1$

B Šo sprieguma dalītāju izmanto, lai pievadītu spriegumu $U/3$ patērētājam R_p, kas pieslēgts starp punktiem B un C paralēli rezistoram R_2. Kādai ir jābūt patērētāja pretestībai R_p salīdzinājumā ar rezistora pretestību R_2?

Atbilde: [1 p]

- $R_p \approx R_2$
- $R_p \gg R_2$
- $R_p \ll R_2$
- $R_p = \frac{1}{2}R_2$

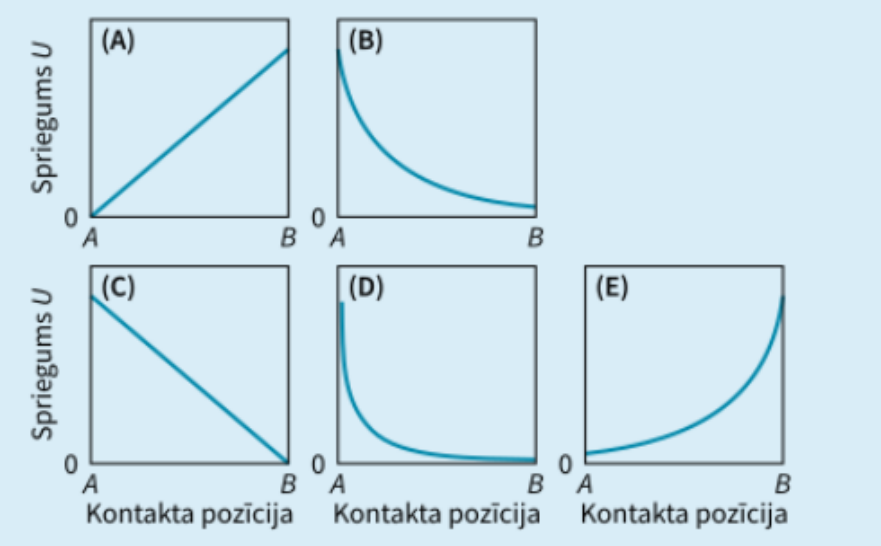


100. att.

2. Apskatīsim sprieguma dalītāju – rezistoru, kuram iespējams pārvietot kontaktu no viena gala līdz otram (skat. 100. attēlu) un tā pretestība uz garuma vienību ir konstanta visā rezistora garumā.

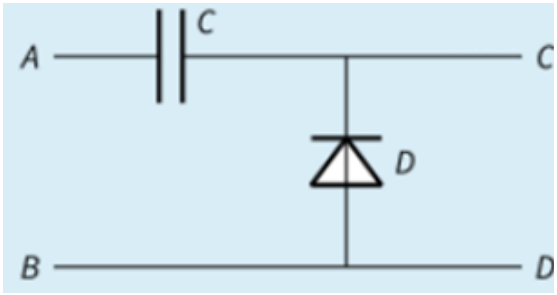
Starp punktiem A un B pielikts spriegums U. Ar ideālo voltmetru tiek mērīts spriegums starp punktu A un pārvietojamo kontaktu atkarībā no tā novietojuma. Kurš 101. attēla grafiks atbilst mērījumos iegūtajam rezultātam?

Atbilde: **[1 p]** A/B/C/D/E/F



101. att.

3. Apskatīsim slēgumu, kādu izmanto mikroviļņu krāsnīs (skat. 102. attēlu). Diode šajā un turpmākajos slēgumos ir ideāla. Tas nozīmē, ka tās pretestība caurlaides režīmā ir 0, bet pretējā virzienā – bezgalīga.



102. att.

A Starp punktiem A un B ir pieslēgta augstsprieguma maiņstrāva. Aplūkosim brīdi, kad starp punktiem A un B spriegums ir U = 2 kV, un B šajā brīdī ir pozitīvs, bet A – negatīvs. Cik liels ir spriegums starp punktiem C un D?

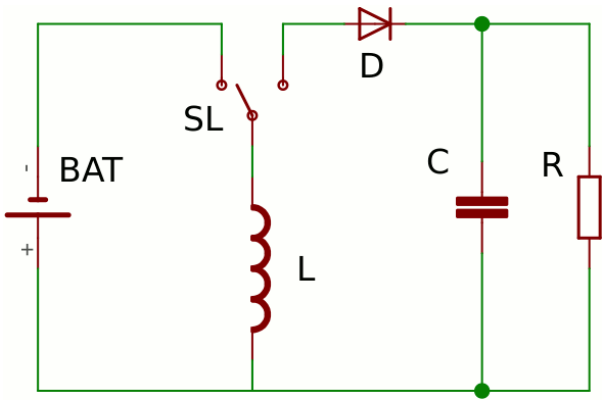
Atbilde: U_{CD} = ☐ V **[1 p]**

B Pēc brīža polaritāte tiek samainīta – B kļūst negatīvs, bet A – pozitīvs. Šajā solī spriegums uz kondensatora nemainās. Cik liela ir spriegumu starpība starp C un D?

Atbilde: U_{CD} = ☐ V **[1 p]**

4. Tagad aplūkosim slēgumus, kas veic sprieguma pārveidošanu ar maziem enerģijas zudumiem un tiek izmantoti elektroautomašīnās, datoros un pat lukturīšos.

Spoles induktivitāte ir L = 1 mH, kondensatora kapacitāte C = 20 µF un baterijas spriegums U = 1,5 V. Spoles un diodes pretestību neņemsim vērā.



103. att.

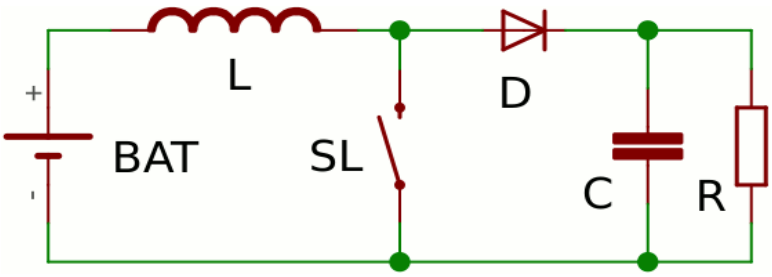
A Pieņemsim (skat. 103. att.), ka sākumā slēdzis SL atrodas stāvoklī pa kreisi un spolē plūst 1 A stipra strāva. Slēdzi pārslēdzot uz labo pusi, visa enerģija tiek pārnesta uz kondensatoru. Cik liels ir spriegums uz kondensatora platēm?

Atbilde: U_C = ☐ V **[1 p]**

B Pieņemsim, ka spriegums uz kondensatora platēm, kad slēdzis ir aizvērts ir 10 V (šī vērtība var atšķirties no iepriekš iegūtās). Cik ilgu laiku kondensators varēs pievadīt strāvu patērētājam, kas pieslēgts rezistora R vietā un caur kuru plūst 200 mA stipra strāva neatkarīgi no sprieguma?

Atbilde: t = ☐ s **[1 p]**

C Vienkāršu ieslēgts/izslēgts slēdzi ar tranzistoru palīdzību realizēt ir daudz vieglāk un lētāk nekā pārslēgslēdzi. Tāpēc parasti sprieguma pārveidotājos lieto shēmu, kas parādīta 104. attēlā.



104. att.

Pieņemsim, ka sākumā slēdzis SL ir ieslēgts un caur spoli L tāpat kā A gadījumā plūst 1 A stipra strāva. Spoles induktivitāte, kondensatora kapacitāte un baterijas spriegums arī ir tādi paši kā A gadījumā. Kāds būs spriegums uz kondensatora shēmai 104. attēlā, salīdzinot ar shēmu 103. attēlā?

Atbilde: [1 p]

- Mazāks nekā shēmai 103. attēlā
- Lielāks nekā shēmai 103. attēlā
- Tāds pats, kā shēmai 103. attēlā

D Aplūkosim situāciju, kad slēdzis tiek periodiski strauji ieslēgts un izslēgts. Kādas atšķirības būs novērojamas slēguma darbībā, ja diodi aizstās ar vadu?

Atbilde: [1 p]

- nekādas atšķirības nebūs novērojamas
- kondensators izlādēsies ļoti strauji, kad slēdzis būs aizvērts
- kondensators netiks uzlādēts atverot slēdzi

E Aplūkosim situāciju, kad slēdzis tiek periodiski strauji ieslēgts un izslēgts. Cik liels būs strāvas stiprums, kas plūdīs caur rezistoru pēc slēdža aizvēršanas, ja no slēguma izņems kondensatoru?

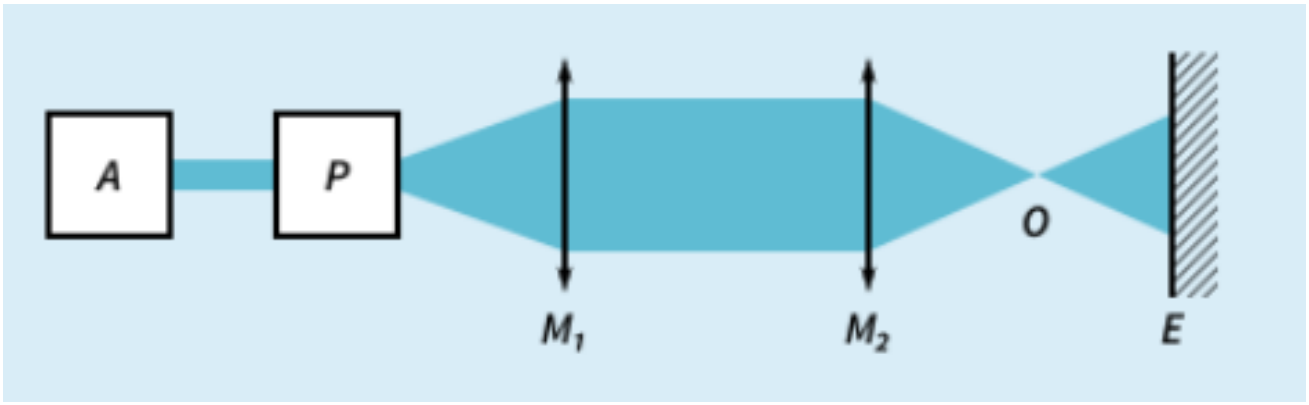
Atbilde: I = ☐ A **[1 p]**

N2018-12-2. ELEKTRONU MIKROSKOPS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Viena no plašāk izmantotajām zinātniskajām metodēm, kā apskatīt maza izmēra paraugus, ir mikroskopija. Pēdējā gadsimta laikā tika saprasts, ka, ja gaismas vietā izmanto elektronus, tad var iegūt attēlus ar labāku izšķirtspēju. Šajā uzdevumā apskatīsim vienkāršotu caurstarojošo elektronu mikroskopa modeli.

Elektronu mikroskopa shēma ir dota attēlā. Uzdevumā relativitātes radītos efektus neņemsim vērā. Viens elektronvolts (eV) ir vienliels ar darbu, ko pastrādā elektrons, pārvarot vienu voltu lielu potenciāla starpību. 1 eV = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J. Elektrona lādiņš e = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C. Elektrona masa m_e = $9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg.



105. att.

Elektroni tiek izstaroti no avota A un nonāk paātrinātājā P, kurā tie iegūst pietiekamu ātrumu. Tad, tie dažādos virzienos no paātrinātāja izlido un iziet caur magnētiskajām lēcām M_1 un M_2, kuras tos nofokusē uz objekta O. Kad elektroni iziet caur objektu, tie nonāk uz fluorescējoša ekrāna E un rodas attēls (105. att.).

PAĀTRINĀTĀJS

1. Elektronus, kas izstaroti no avota paātrinātājā, paātrina potenciālu starpība jeb spriegums U = 54 kV. Par cik izmainījās elektronu enerģija?

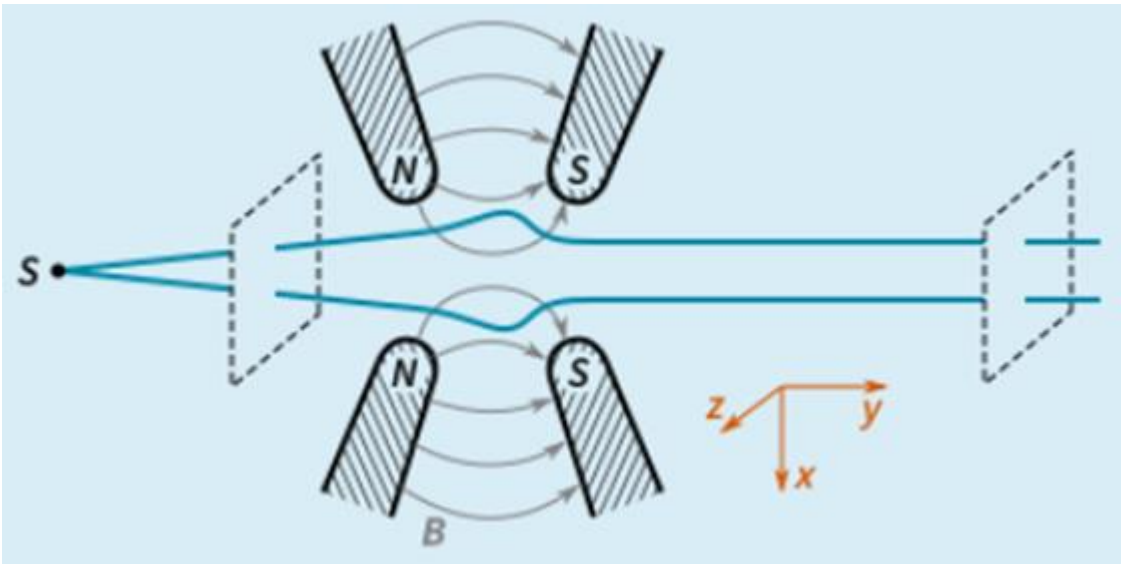
Atbilde: ΔE = _____ keV. **[1 p]**

2. Pieņemsim, ka paātrinātājā elektroniem tiek piešķirta enerģija ΔE = 10 keV (vērtība nesakrīt ar iepriekš aprēķināto). Elektroni no avota tiek izstaroti ar ātrumu v_0 = 200 m/s. Cik liels ir elektronu ātrums tiem izejot no paātrinātāja?

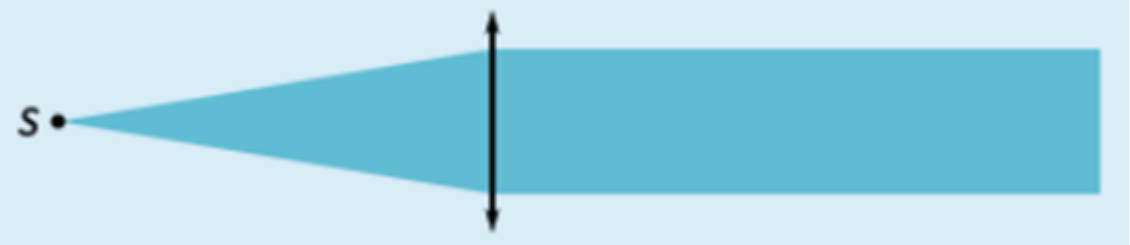
Atbilde: v = _____ m/s. **[1 p]**

MAGNĒTISKĀ LĒCA

Elektroni pēc paātrinātāja nonāk iekārtā, kas ļauj tos fokusēt. To sauc par magnētisko lēcu. 106. attēlā ir redzama iekārta un divu elektronu trajektorijas.



106. att.



107. att.

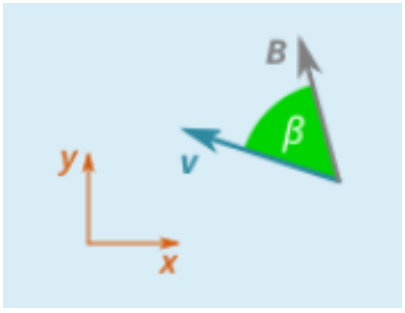
Magnētiskā lauka iedarbības rezultātā elektroni, kas tiek izstaroti no punkta S magnētiskajā lēcā, kustas pa sarežģītu spirālveidīgu trajektoriju, taču magnētiskā lēca konstruēta un novietota attiecībā pret punktu S tādā veidā, ka visi izstarotie elektroni pēc tam kustas paralēli viens otram (skat. 106. att.) un paralēli mikroskopa asij.

Turpmākajos aprēķinos pieņemsim, ka elektronu ātrums izejot no paātrinātāja ir $v = 1 \cdot 10^7$ m/s (vērtība nesakrīt ar iepriekš aprēķināto).

3. Pieņemsim, ka elektrons tika izstarots no punkta S leņķī $\alpha = 10°$ attiecībā pret y asi (skat. 106. att.) un ka elektrons magnētiskajā laukā atrodas t = 12 μs. Cik liela ir magnētiskā lauka radītā spēka vidējā vērtība y ass virzienā?

Atbilde: F_y = ☐ N. **[1 p]**

4. Apskatīsim elektronu, kad tas tikko ieiet magnētiskajā laukā (108. att.). Mēģināsim novērtēt spirāliskās trajektorijas izmērus. Minētajā brīdī elektrons ieiet magnētiskajā laukā, kura komponentes x virzienā ir B_x = -11 mT, y virzienā B_y = 10 mT, savukārt z komponentes magnētiskajam laukam nav. Elektrona ātrums ir vērsts leņķī $\beta = 34°$ attiecībā pret magnētiskā lauka indukcijas līniju virzienu un atrodas vienā plaknē ar magnētisko lauku.



108. att.

A Kurā no virzieniem darbojas magnētiskā lauka spēks uz elektronu?

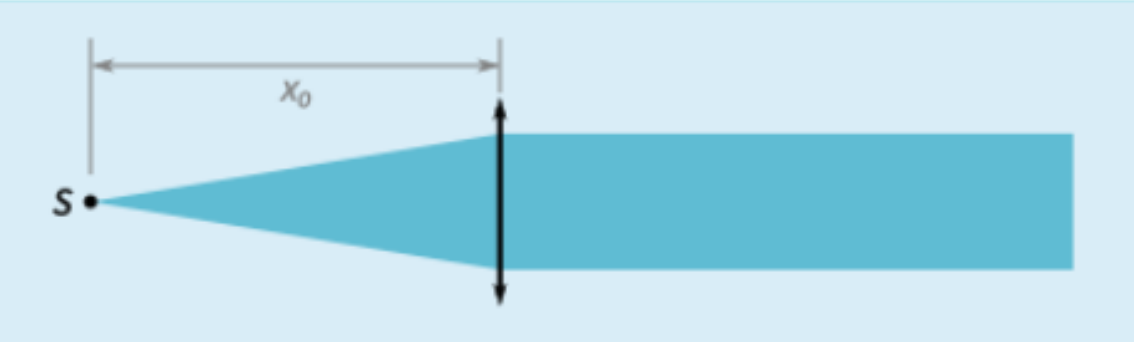
Atbilde: [1 p] gar ……. asi/asīm

- x
- y
- z
- x un y
- y un z
- x un z
- x, y un z

B Cik liels ir elektrona kustības trajektorijas liekuma rādiuss šajā brīdī?

Atbilde: R = ☐ mm. **[1 p]**

5. Šo magnētisko lēcu var analizēt līdzīgi kā plānās gaismas lēcas. 109. attēlā ir redzama ekvivalentā optiskā shēma. Attālums no punkta S līdz lēcai ir zināms un ir x_0 = 13 mm.



109. att.

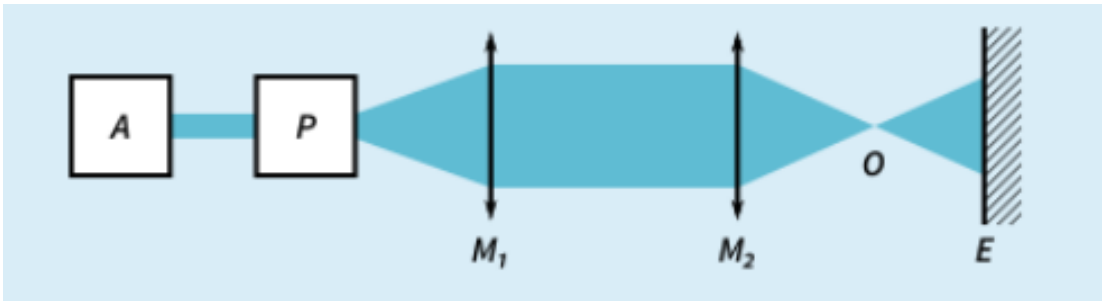
Cik liels ir magnētiskās lēcas fokusa attālums?

Atbilde: F = ☐ cm**. [1 p]**

6. Kā mainās magnētiskās lēcas fokusa attālums, palielinot strāvas stiprumu magnētisko lauku radošajās spolēs?

Atbilde: [1 p] • palielinās • samazinās • nemainās • nav viennozīmīgi nosakāms

7. Apskatīsim divu magnētisko lēcu kombināciju (110. att.).



110. att.

Zināms, ka pirmās lēcas fokusa attālums ir F_1 = 10 mm un otrās lēcas fokusa attālums F_2 = 15 mm. Attālums no paātrinātāja P līdz objektam O ir 5 cm. Lēcas novietotas tā, ka visi elektroni pēc pirmās lēcas kustas paralēli, savukārt pēc otrās lēcas tie visi tiek precīzi fokusēti uz objekta.

Cik liels ir attālums starp magnētiskajām lēcām?

Atbilde: ☐ cm. **[1 p]**

EKRĀNS

8. Elektronu plūsma rada strāvu, kas plūst caur iekārtu (piemēram, caur magnētiskās lēcas šķērsgriezumu). Cik elektronu uztriecas pētāmajam objektam sekundē, ja strāvas stiprums ir I = 300 pA?

Atbilde: N = ☐ elektroni **[1 p]**

9. Pieņemsim, ka pētāmajam objektam vienā sekundē uztriecas $N = 1 \cdot 10^{11}$ elektroni (vērtība nesakrīt ar iepriekš aprēķināto). Daļu elektronu objekts atstaro, daļu absorbē, daļa – iziet cauri. Varbūtība, ka elektrons tiks cauri objektam, ir 15%. Lai uzņemtu objekta attēlu ar šo mikroskopu, uz ekrāna ir jānonāk $N` = 1 \cdot 10^{12}$ elektroniem. Cik ilgs laiks ir nepieciešams, lai uzņemtu vienu objekta attēlu?

Atbilde: t = ☐ s. **[1 p]**

N2018-12-3. BIATLONS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Aplūkosim biatlona posmus – slēpošanu un šaušanu – no mehānikas skatupunkta. Visā uzdevumā pieņemsim, ka sportista masa ir m = 60 kg, bet slēpes un nūjas ir tik vieglas, ka var uzskatīt, ka tās var momentāni mainīt ātrumu, praktiski bez spēka pielikšanas. Brīvās krišanas paātrinājums g = 9,81 m/s^2.

1. Aplūkosim tuvināti slēpošanas procesu. Procesu varam sadalīt divās daļās: atspēriens, kurā slēpotāja ātrums vienmērīgi pieaug, un slīdēšana, kurā slēpotāja ātrums vienmērīgi samazinās.

A Atspēriena fāzē sportists ar nūjām un vienu slēpi atsperas no sniega. Cik liels ir viņa paātrinājums, ja sportists atsperas ar nemainīgu spēku F = 210 N?

Atbilde: a = ☐ m/s^2. **[0,5 p]**

B Sportista ātrums pirms atspēriena ir v_0 = 6 m/s, sportista paātrinājums ir a = 5 m/s^2 (vērtība atšķiras no iepriekš izrēķinātās). Cik liels ir ātrums atspēriena beigās, ja attālums, ko sportists spēj veikt viena atspēriena laikā, ir L = 0,72 m (to sauc arī par atspēriena soļa garumu)?

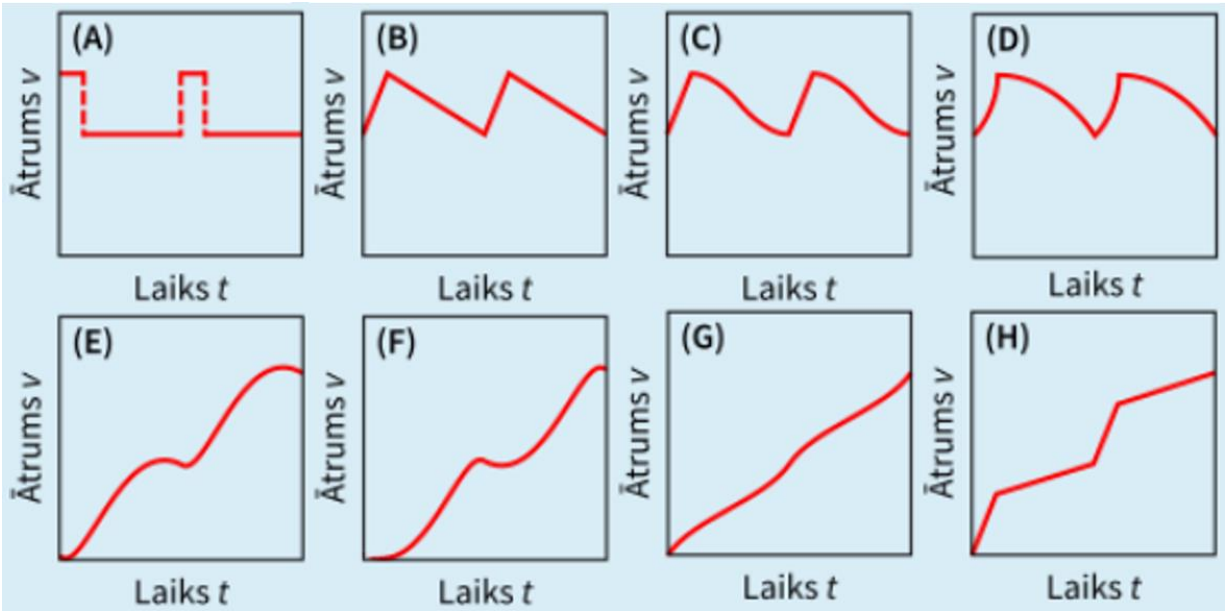
Atbilde: v = ☐ m/s. **[1 p]**

C Sportista ātrums pirms atspēriena ir v_0 = 6 m/s, sportista paātrinājums ir a = 5 m/s^2 un ātrums atspēriena beigās ir v = 7 m/s (vērtība atšķiras no iepriekš izrēķinātās). Cik ilgst viens atspēriens?

Atbilde: t = ☐ s. **[0,5 p]**

D Slīdēšanas fāzē sportists slīd uz vienas slēpes un sagatavojas nākamajam atspērienam. Lai pārvietotu rokas un kājas jaunam atspērienam, paiet t_2 = 1 s. Šajā laikā ātrums no v_2 = 7 m/s nokrītas līdz ātrumam v_1 = 6 m/s. Cik liels ir berzes koeficients μ, slēpēm slīdot pa sniegu?

Atbilde: μ = ☐. **[1 p]**



111. att.

2. Kurā 111. attēla grafikā ir attēlota slēpotāja **ātruma izmaiņa** laikā, uzdevumā izmantotā modeļa ietvaros?

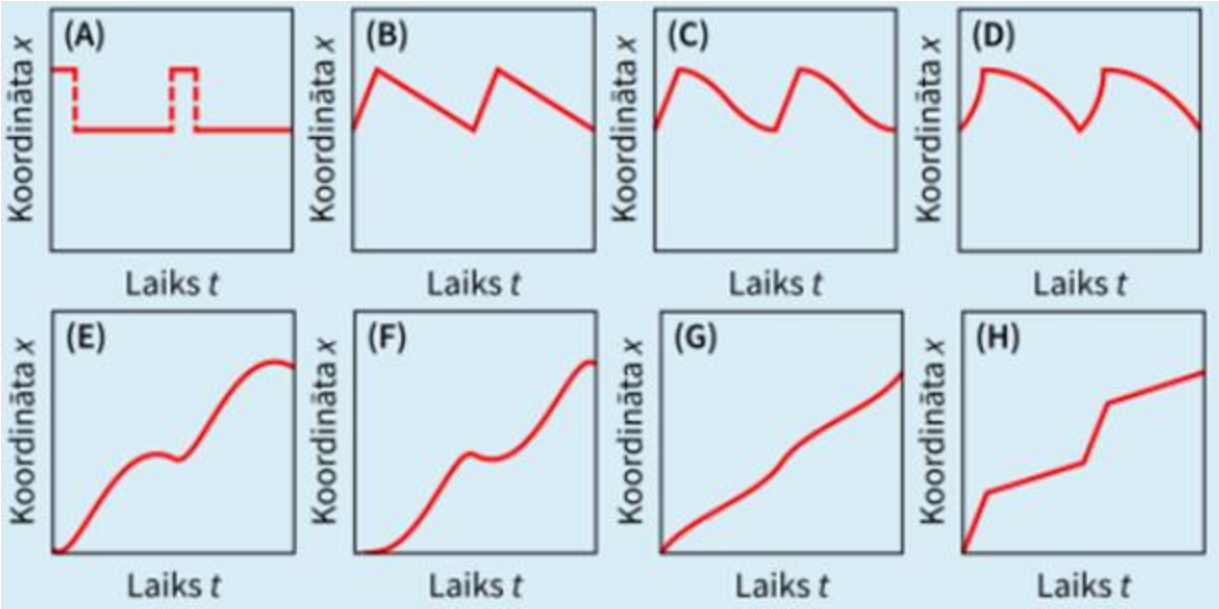
Atbilde: **[1 p]** A/B/C/D/E/F/G/H

3. Vidējo ātrumu visā slēpošanas laikā var izrēķināt, kā vidējo ātrumu viena cikla laikā, kur cikls sastāv no viena atspēriena un vienas slīdēšanas. Ja atspēriena laikā $t_1 = 0{,}2$ s (šī vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās) ātrums vienmērīgi palielinās no $v_1 = 6$ m/s līdz $v_2 = 7$ m/s, bet slīdēšanas laikā $t_2 = 1$ s ātrums vienmērīgi samazinās no $v_2 = 7$ m/s līdz $v_1 = 6$ m/s. Cik liels ir vidējais slēpošanas ātrums?

Atbilde: $v_{vid} =$ ☐ m/s. **[1 p]**

4. Kurā 112. attēla grafikā ir attēlota slēpotāja **koordinātas izmaiņa** laikā, uzdevumā izmantotā modeļa ietvaros?

Atbilde: **[1 p]** A/B/C/D/E/F/G/H



112. att.

5. Aplūkosim tuvināti šaušanas procesu. Šaujot, lode no ieroča izlido ar ātrumu v = 330 m/s. Lodes masa $m_l = 2{,}59$ g.

A Mērķis atrodas attālumā $L = 50$ m. Uzskatīt, ka lodes ātrums horizontālā virzienā lidojuma laikā nemainās. Cik ilgi lode atrodas lidojumā?

Atbilde: $t =$ ☐ s. **[0,5 p]**

B Par cik lielu attālumu lode novirzās uz leju no sākotnējā virziena, ja lode lidojumā atrodas $t = 0{,}2$ s (vērtība atšķiras no iepriekš izrēķinātās)? Gaisa pretestību neievērot.

Atbilde: $L_y =$ ☐ cm. **[0,5 p]**

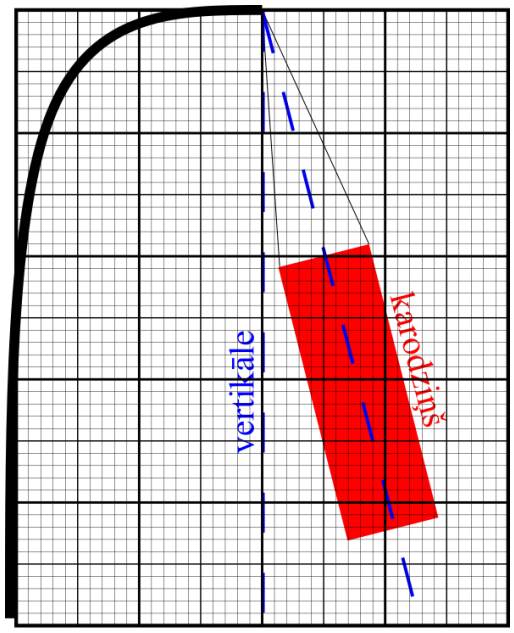
C Ja pūš sānvējš, tad lode novirzās sāniski arī horizontālā plaknē Lai novērtētu vēja ietekmi, biatlonā tiek izmantoti speciāli karodziņi, kuriem sānvēja ietekme ir līdzīga kā lodei lidojumā.

Apskatīsim karodziņu, kuram sānvēja radītā spēka $F_{k,sv}$ attiecība pret karodziņa smaguma spēku $F_{k,sm} = m_k g$ ir tāda pati kā lodei sānvēja radītā spēka $F_{l,sv}$ attiecība pret lodes smaguma spēku $F_{l,sm} = m_l g$.

$$\frac{F_{k,sm}}{m_k g} = \frac{F_{l,sm}}{m_l g}$$

Zinot, ka lidojuma laikā lode nokrīt par L_y = 10 cm (vērtība atšķiras no iepriekš izrēķinātās) vertikālā virzienā no sākotnējā lodes izšaušanas virziena, izmantojot karodziņa stacionāro stāvokli (113. attēlā sarkanā krāsā), novērtēt attālumu par kādu novirzīsies lode uz sāniem horizontālā plaknē.

Atbilde: L_x = ☐ cm **[1 p]**



113. att.

D Pēc aktīvas slēpošanas traucē ne tikai sānvējš, bet arī tas, ka ieroci ir grūti noturēt taisni. Ierocis ir piešauts tā, ka bezvēja apstākļos, mērķējot centrā, sportists trāpīs mērķa centrā. Mērķa diametrs d = 115 mm un attālums līdz mērķim ir L = 50 m. Ja mērķējot ierocis būs novirzījies no mērķa centra par leņķi, kas ir mazāks par φ, tad sportists joprojām trāpīs mērķī. Cik liels ir leņķis φ?

Atbilde: φ = ☐°. **[1 p]**

E Šaujot, lode no ieroča izlido ar ātrumu v = 330 m/s. Lodes masa m_l = 2,59 g. Lodes paātrināšanās ierocī notiek t = 0,2 s laikā. Cik liels ir vidējais spēks, kas darbojas uz lodi (un arī uz šāvēju)?

Atbilde: F = ☐ N. **[1 p]**

Valsts olimpiāde – 2018

9. klase

V2018-9-1. VILCIENI

Pasažieru vilciens kustas vienmērīgi ar ātrumu v_1 = 90 km/h. Vilciena kopējais garums ir l_1 = 120 m. Pasažieru vilciena masa m = 43 t. Brīvās krišanas paātrinājums g = 10 m/s^2.

A Paralēli vilciena sliedēm atrodas stacijas perons. Cik ilgā laikā pasažieru vilciens pabrauks garām peronam? (Uzskatīsim, ka vilciens brauc garām peronam, kamēr vien blakus peronam uz sliedēm atrodas kaut kāda daļa no vilciena.) Perona garums l_0 = 50 m. **[1 p]**

B Pasažieru vilcienam uz blakus sliedēm tajā pašā virzienā vienmērīgi brauc otrs vilciens ar ātrumu v_2 = 70 km/h. Cik ilgā laikā pasažieru vilciens pabrauks garām otrajam vilcienam? Otrā vilciena garums l_2 = 100 m. **[2 p]**

C Pasažieru vilcienam uz blakus sliedēm pretējā virzienā vienmērīgi brauc garām preču vilciens ar ātrumu v_3 = 60 km/h. Cik ilgā laikā preču vilciens pabrauks garām pasažieru vilcienam? Preču vilciena garums l_3 = 800 m. **[2 p]**

D Uz pasažieru vilcienu darbojas kopējais pretestības spēks F_{pr} = 45 kN. Cik lielu jaudu attīsta pasažieru vilciena dzinējs, lai pārvarētu kopējo pretestības spēku? Vilciens pārvietojas pa līdzenu teritoriju vienmērīgi ar ātrumu v_1 = 90 km/h. **[2 p]**

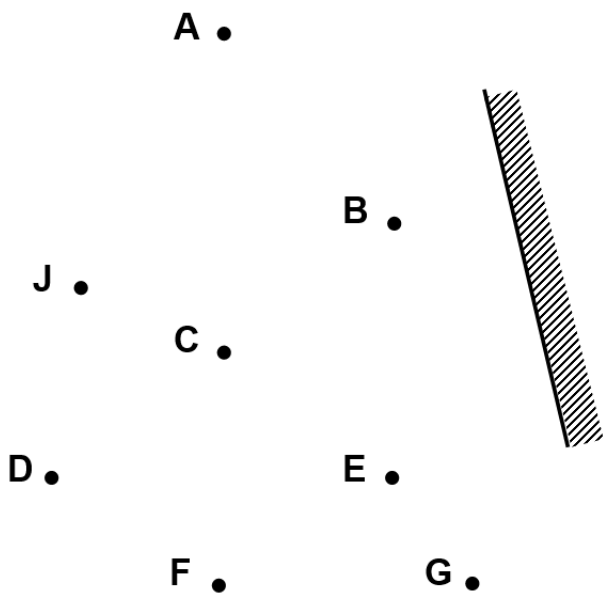
E Kādā brīdī pasažieru vilciens sāk kustēties augšup uzkalnā, turpinot kustēties ar ātrumu v_1 = 90 km/h. Uzkalnam ir nemainīgs slīpums α = 10°. Kopējais pretestības spēks paliek nemainīgs F_{pr} = 45 kN. Cik lielu jaudu attīsta vilciena dzinējs, braucot augšup? **[3 p]**

V2018-9-2. SPOGUĻU PASAULĒ

Jānis un Anna brīvdienās devās uz zinātnes centru, kur viena no ekspozīcijām bija saistīta ar spoguļiem.

A Plakana spoguļa priekšā ir novietoti dažādi spīdoši punktveida objekti, kuru atrašanās vietas ir redzamas 114. attēlā. Anna nostājās blakus objektam punktā A, bet Jānis nostājās blakus objektam punktā J.

Uzzīmē staru gaitu spoguļos un nosaki, kurus objektus, atstarojoties spogulī, redzēs Anna un kurus Jānis. Vai viņi redzēs savu un viens otra atspulgu spogulī? Nepieciešamās konstrukcijas veic, izmantojot dotos attēlus uz atsevišķas dotās tīrraksta lapas. **[3 p]**

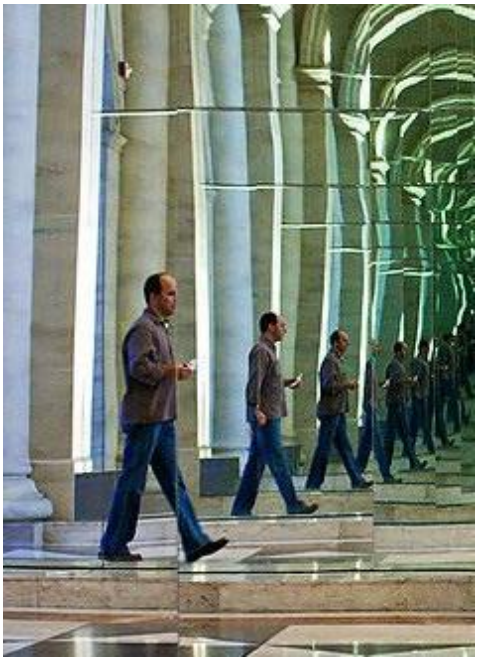


114. att.

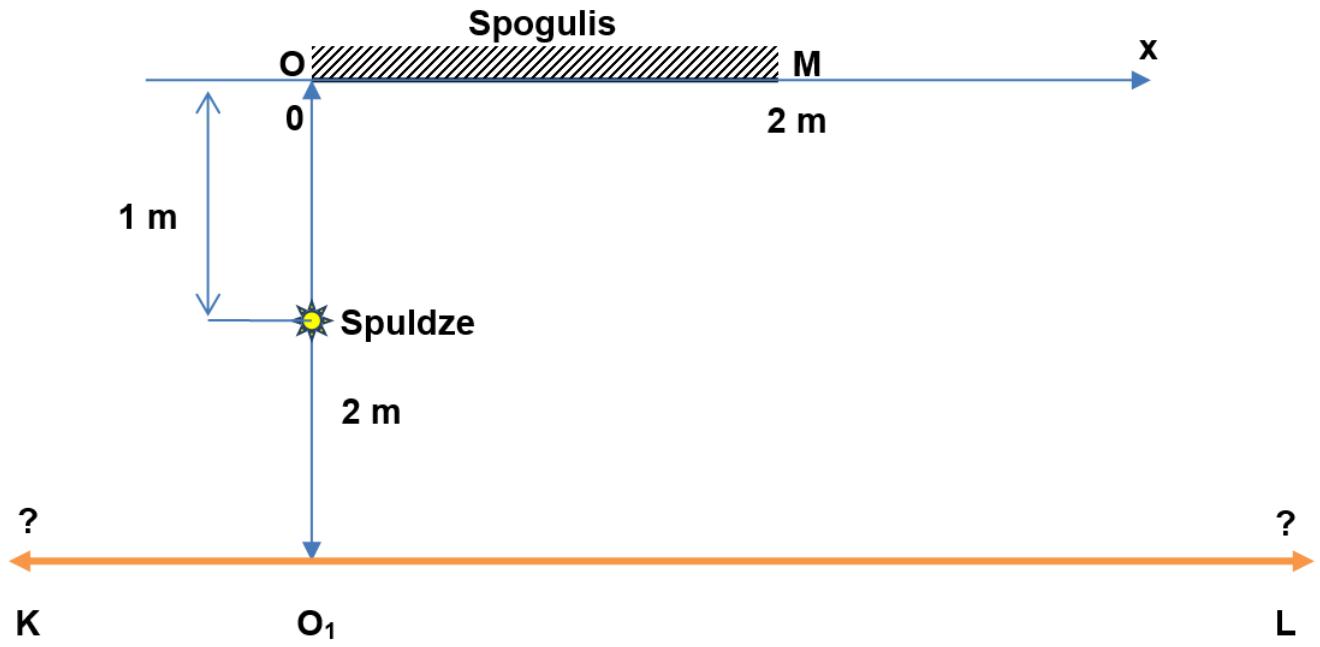
B Nākamais eksponāts bija divi paralēli spoguļi, kas atradās viens no otra 2 m attālumā. Jānis iegāja starp spoguļiem un nostājās pusmetra attālumā no viena spoguļa, tādējādi iegūstot bezgalīgi daudz attēlus abos spoguļos (skat. 115. attēlu).

Izvēlies atbilstošu mērogu un uzzīmē, kur veidojas katrā no spoguļiem Jāņa pirmais un otrais šķietamais attēls. Nosaki, cik tālu no Jāņa veidojas katrs no četriem šķietamajiem attēliem. **[4 p]**

C Nākamais eksponāts: spuldze, kas novietota 1 m no sienas spoguļa, precīzi pretī spoguļa kreisajai malai. Anna sākumā ir nostājusies pretī spoguļa kreisajai malai punktā O_1 (skat. 116. attēlu). Spogulis OM ir 2 m plats. Attēlā ir parādīts skats uz spoguli no augšas. Anna iet uz vienu un uz otru pusi paralēli spogulim 2 metru attālumā no spoguļa plaknes. Cik tālu uz kreiso pusi (O_1K) un cik – uz labo pusi (O_1L) no savas sākotnējās atrašanās vietas, viņa var pārvietoties un joprojām redzēt spuldzes attēlu spogulī? Spriedumu pamato ar zīmējumu. Nepieciešamās konstrukcijas veic, izmantojot dotos attēlus uz atsevišķas dotās tīrraksta lapas. **[3 p]**



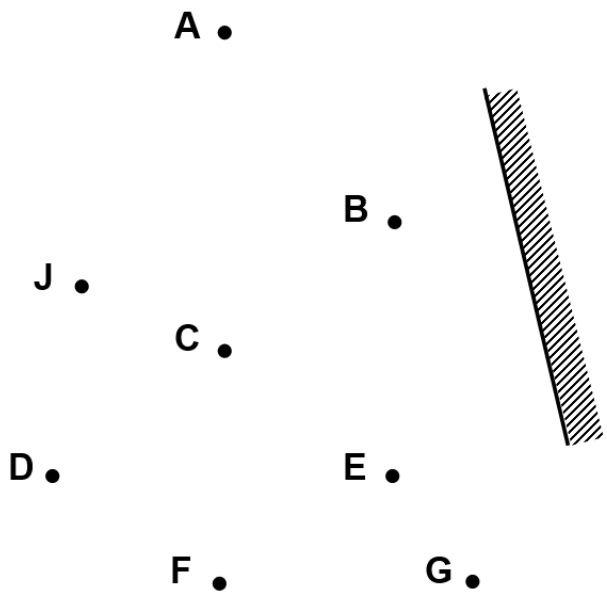
115. att. Attēla avots: https://i.pinimg.com/originals/fd/0d/e4/fd0de4562fa50041fa8f266f071a2755.jpg



116. att.

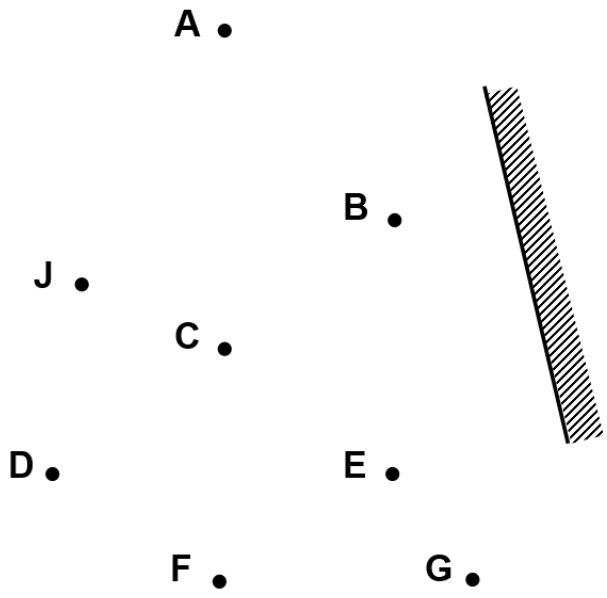
KONSTRUKCIJĀM

A1 Ko redz Jānis:



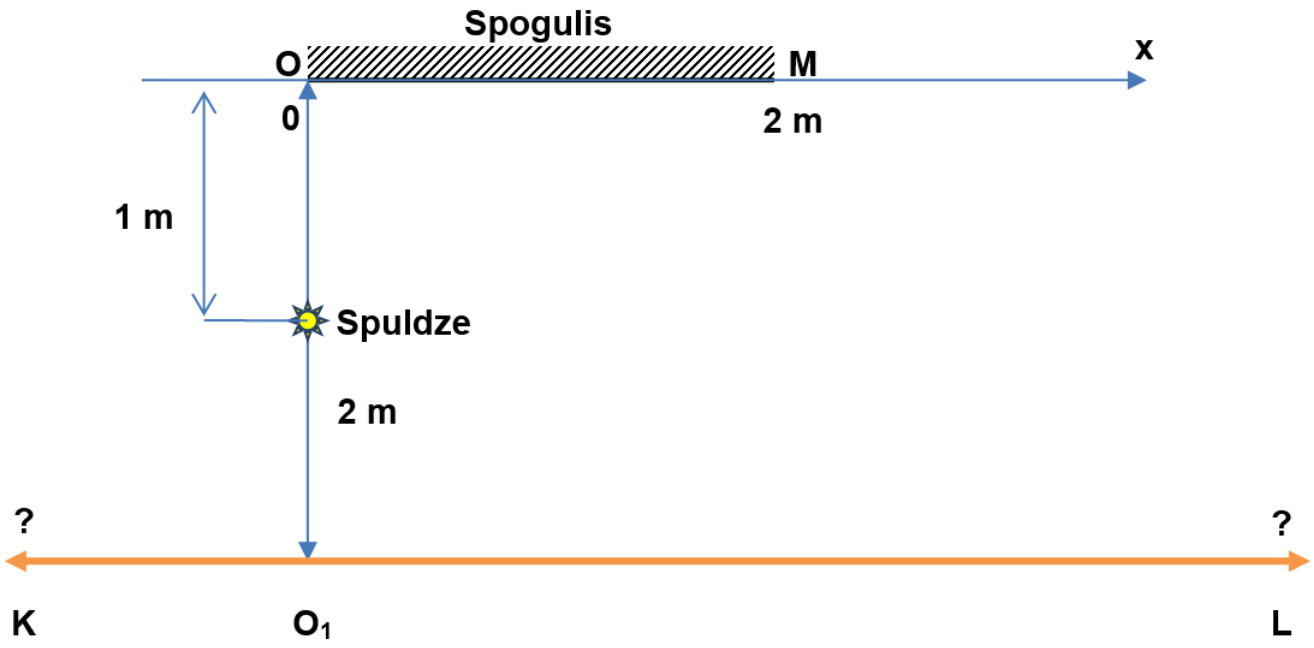
Jānis redz sekojošus punktus: …….
Jānis neredz sekojošus punktus: ……..

A2 Ko redz Anna:



Anna redz sekojošus punktus: …….
Anna neredz sekojošus punktus: ……..

c



V2018-9-3. SLĒGUMI

A Pēteris pētīja vienkāršākus un sarežģītākus elektrisko ķēžu slēgumus.

A1 Cik liela ir kopējā slēguma pretestība, ja paralēli saslēdz divus vienādus patērētājus, kur katra patērētāja pretestība ir 6 Ω? **[0,5 p]**

A2 Cik liela ir kopējā slēguma pretestība, ja paralēli saslēdz trīs vienādus patērētājus, kur katra patērētāja pretestība ir 6 Ω? **[0,5 p]**

A3 Cik liela ir kopējā slēguma pretestība, ja paralēli saslēdz n vienādus patērētājus, kur katra patērētāja pretestība ir 6 Ω? **[1 p]**

B Pēteris slēdza elektrisko slēgumu, kurā bija vairāki patērētāji – gan ar zināmām, gan nezināmām pretestībām. Izmantojot Oma likumu ķēdes posmam, viņš gribēja noteikt nezināmā patērētāja pretestību R. Izmantojot Pētera pierakstīto Oma likumu ķēdes posmam, uzzīmē atbilstošo slēgumu, pierakstot klāt, katram patērētājam tā pretestību.

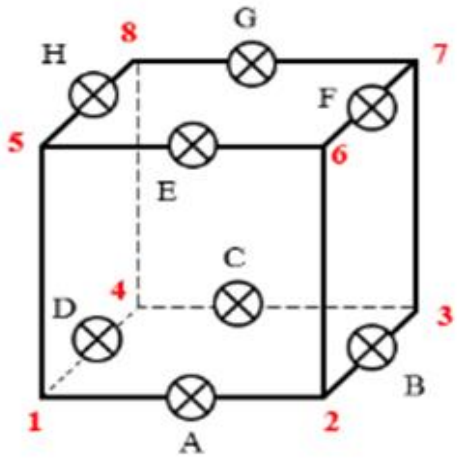
B1 Pirmais slēgums: **[1 p]**

$$4\ \text{A} = \frac{8\ \text{V}}{0{,}8\ \Omega + \frac{1}{\frac{1}{2\ \Omega} + \frac{1}{R}}}$$

B2 Otrais slēgums: **[1 p]**

$$4\ \text{A} = \frac{10\ \text{V}}{\frac{1}{\frac{1}{5\ \Omega} + \frac{1}{2\ \Omega + R}}}$$

B3 Cik liela ir pretestība *R*? **[1 p]**

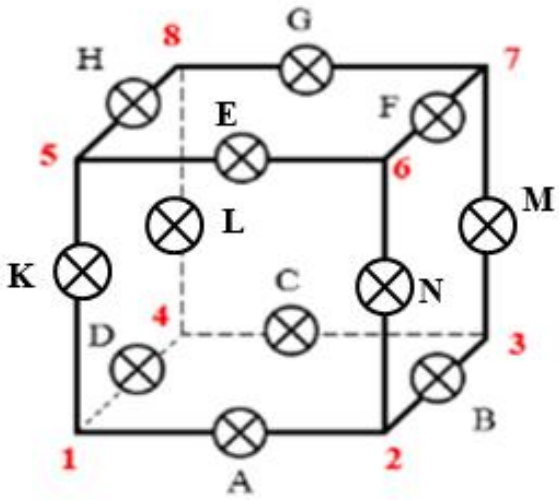


117. att.

C Pēteris saslēdza 117. attēlā redzamo slēgumu, pieslēdzot spuldzītes, kuru pretestības ir vienādas. Vadu pretestības neņemam vērā.

C1 Pēteris pieslēdza spriegumu starp punktiem 1 un 2. Salīdzini kvēlojošo spuldzīšu spožumu. Cik reizes atšķirsies visvājāk un visstiprāk kvēlojošās spuldzītes spožums? Atbildi pamato! **[2 p]**

C2 Pēteris pieslēdza spriegumu starp punktiem 1 un 7. Salīdzini kvēlojošo spuldzīšu spožumu. Cik reizes atšķirsies visvājāk un visstiprāk kvēlojošās spuldzītes spožums? Atbildi pamato! **[1 p]**



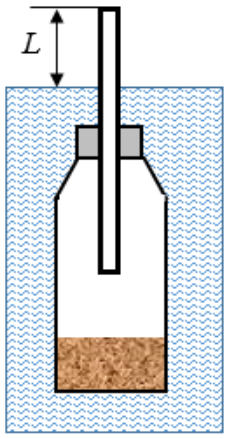
118. att.

D

Pēteris saslēdza 118. attēlā redzamo slēgumu, pieslēdzot iepriekš apskatītajam slēgumam vēl četras tādas pašas spuldzītes arī uz atlikušajām kuba šķautnēm. Vadu pretestības neņemam vērā. Kuras spuldzītes nekvēlos, ja Pēteris tagad pieslēgs spriegumu starp punktiem 1 un 3? Atbildi pamato! **[2 p]**

Eksperimentālā kārta. Demonstrējums.
V2018-9-D. PUDELE AR STIKLA NŪJIŅU

Pudelē iebērts nedaudz smilšu, tā aiztaisīta ar korķi, kura caurumā iesprausta cilindriska stikla nūjiņa. Ūdens pudelē iekļūt nevar. Ieliekot pudeli ar nūjiņu ūdenī, pudele pilnībā tajā iegrimst. Ūdens līmenis ir augstāk par korķa augšgalu (skat. 119. attēlu). Virs ūdens paliek tikai L = 3 cm garš stikla nūjiņas gals. Stikla blīvums ir 2,5 reizes lielāks par ūdens blīvumu. Tāpēc stikla nūjiņa, viena pati iesviesta ūdenī, protams, nogrimtu.



119. att.

Izskaidrojiet eksperimentu un atbildiet uz jautājumiem!

A1 Vai pudele ar nūjiņu peldēs vai grims, ja nūjiņu iestumsim dziļāk pudelē, lai tās augšgals sakrīt ar korķa augšgalu? **[1 p]**
A2 Kāpēc tā notiek? **[2 p]**

B1 Kas notiktu ar pudeles iegrimi salīdzinājumā ar sākuma stāvokli, ja nūjiņu iestumtu pudelē tā, ka L ir mazāks par 3 cm vai pavilktu mazliet uz āru tā, ka L ir lielāks par 3 cm? Kāpēc? **[1 p]**
B2 Vai, iestumjot nūjiņu dziļāk pudelē, vai pavelkot to uz āru, ir iespējams panākt, lai pudele ar nūjiņu varētu atrasties miera stāvoklī zem ūdens jebkurā dziļumā (negrimtu un neuzpeldētu)? **[1 p]**
B3 Ja iespējams panākt, ka pudele ar nūjiņu varētu atrasties miera stāvoklī jebkurā dziļumā, tad par cik centimetriem vajadzētu stikla nūjiņu iestumt pudelē? **[1 p]**

C1 Vai iespējams panākt, ka pudele ar nūjiņu varētu atrasties miera stāvokli jebkurā dziļumā, nepārvietojot nūjiņu attiecībā pret korķi un pudeli, bet nolaužot no stikla nūjiņas augšējā gala x centimetrus? Vai, varbūt, pievienojot x centimetrus klāt? **[1 p]**
C2 Cik centimetrus x jānolauž vai jāpievieno? **[3 p]**

Eksperimentālais uzdevums
V2018-9-E. BERZES KOEFICIENTA NOTEIKŠANA

Darba uzdevumi

1. Noteikt berzes koeficientu starp galdu un klucīti, izmantojot dotos darba piederumus.

2. Īsi aprakstīt darba gaitu un mērījumu veikšanas metodi, pieņemot, ka puse no cilindra enerģijas cilindra un klucīša sadursmē tiek nodota klucītim. (Realitātē tā enerģijas daļa, kas netiek nodota klucītim ir cilindra rotācijas enerģija; uzdevumā pieņemam, ka tā pazūd). Cilindra un klucīša masas ir zināmas (uzrakstītas uz objektiem). **[5 p]**

3. Novērtējiet iegūto rezultātu un aprakstiet, kas to eksperimentā ietekmē. **[5 p]**

Darba piederumi:

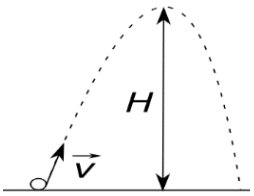
- cilindrs
- klucītis
- plāksne
- divi atsvari
- lineāls

10. klase

V2018-10-1. ŠĻAKATAS UN AKMENTIŅI

120. att.

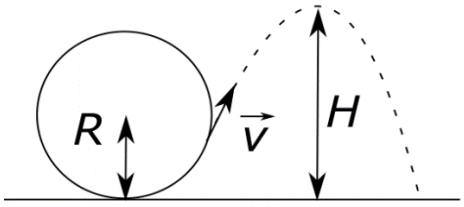
Kad mašīna vai motocikls brauc pa dubļainu ceļu, no riteņiem tiek izmestas šļakatas un mazi akmentiņi. Šajā uzdevumā būs jānovērtē maksimālais augstums, kurā akmentiņi var pacelties. Lai vienkāršotu uzdevumu, pieņemsim, ka akmentiņi kustas tikai riteņa plaknē, t. i. nelido uz sāniem. Ceļš ir taisns un horizontāls. Pieņemsim arī, ka riteņa mala atrodas ārpus mašīnas korpusa un tāpēc akmentiņi netrāpa pa mašīnas korpusu. Tie var atrauties no riteņa jebkurā riteņa punktā, un to ātrums atraušanas brīdī ir vienāds ar riepas virsmas ātrumu. Riteņa rādiuss R = 0,35 m un brīvās krišanas paātrinājums g = 10 m/s^2. Gaisa pretestību var neņemt vērā.



121. att.

A Gadījumā, kad mašīnas kustības ātrums v ir 20 m/s, akmentiņu pacelšanas augstums ir diezgan liels, salīdzinot ar riteņa rādiusu. Tad var tuvināti uzskatīt, ka akmentiņi izlido no punkta, kas atrodas uz ceļa virsmas, sk. 121. att. Cik liels ir maksimālais augstums H, kurā var pacelties akmentiņi? **[4 p]**

B Cik lielā attālumā no aplūkotā riteņa ir jābrauc nākamajai mašīnai (tās ātrums arī ir 20 m/s), lai akmentiņi nesabojātu tās vējstiklu var virsbūvi? Var pieņemt, ka akmentiņi ir "bīstami", kamēr atrodas gaisā, un ka tie neatlec no ceļa virsmas. Piezīme: īstenībā drošais attālums līdz priekšā braucošai mašīnai ir saistīts ar bremzēšanas ceļa garumu, tāpēc šā punkta atbilde var neatbilst drošās distances vērtībai! **[2 p]**



122. att.

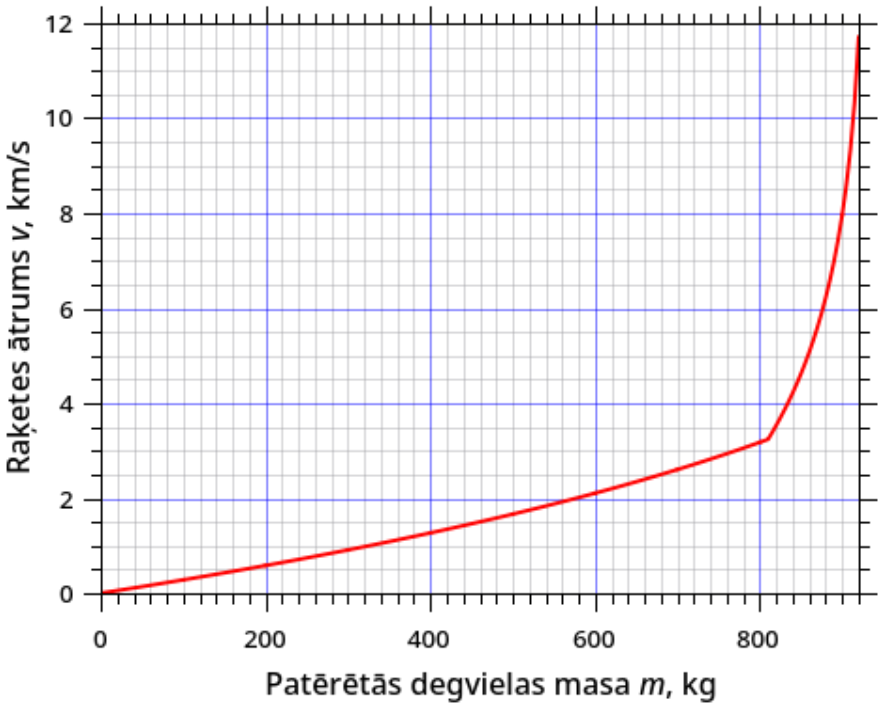
C Gadījumā, kad mašīnas ātrums ir mazāks (v = 5 m/s), riteņa izmēri kļūst svarīgi, jo H ir atkarīgs arī no augstuma, kurā akmentiņi atraujas no riteņa, sk. 122. att. Cik liels šajā gadījumā ir maksimālais augstums H, kurā var pacelties akmentiņi? **[4 p]**

V2018-10-2. TESLA KOSMOSĀ

2018. gada 6. februārī no Floridas startēja vairākkārt lietojamā nesējraķete *Falcon Heavy* ar neparastu derīgo kravu — elektromobili *Tesla Roadster*. Sākuma ideja bija nogādāt mašīnu Marsa orbītā, bet pāris stundas pēc starta izrādījās, ka nesējraķetes ātrums ir par lielu, un tā varēs aizlidot pat līdz asteroīdu joslai.

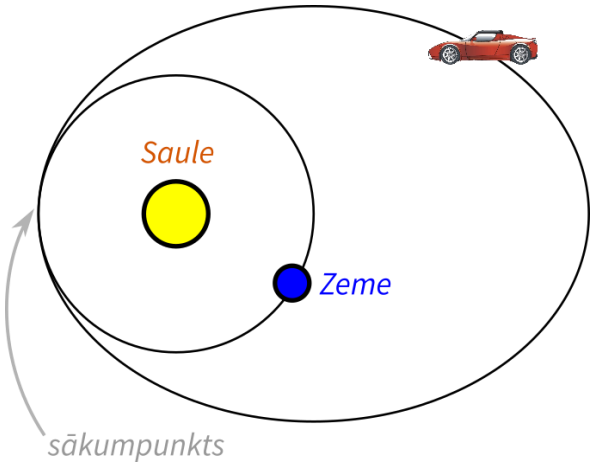
A Cik daudz degvielas būs jāpatērē, lai nogādātu elektromobili orbītā, kas atrodas 600 km augstumā virs Zemes virsmas? Paātrinot raķeti, atkarība sasniegtajam ātrumam v no sadedzinātās degvielas masas m ir attēlota grafikā (skat. 123. att.). Zemes masa M = 6,0 × 10^{24} kg, un tās rādiuss R = 6400 km, gravitācijas konstante

$$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$$ **[2 p]**



123. att.

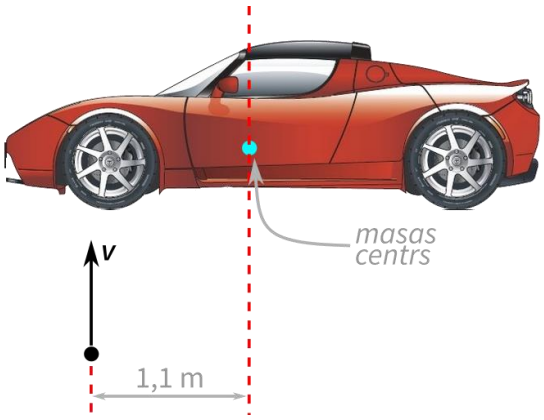
B Nokļūstot orbītā ap Zemi, raķetes otrā pakāpe dod papildus paātrinājumu derīgai kravai, lai varētu to nogādāt orbītā ap Sauli. Uzskatot, ka elektromobiļa orbīta pieskaras riņķveida Zemes orbītai sākumpunktā (skat. 124. att.), aprēķināt, pēc cik ilgā laika T elektromobilis atgriezīsies sākumpunktā (skat. 124, att.), kā arī tā maksimālo attālumu no Saules r_A.



124. att.

Sākumpunktā (pēc otrās pakāpes paātrināšanās beigām) elektromobiļa orbitālais ātrums ir 33,3 km/s. Zemes orbītas rādiuss ir $1{,}50 \times 10^{11}$ m, Saules masa ir $1{,}99 \times 10^{30}$ kg, gravitācijas konstante ir $6{,}67 \times 10^{-11}$ m³/(kg·s²). **[5 p]**

C Apskatīsim situāciju, kad kādā brīdī elektromobilī, kura masa 1,5 t, kas atrodas miera stāvoklī kādā inerciālā atskaites sistēmā K, ietriecas mazs asteroīds (akmens) ar masu 10 kg, kas kustās ar ātrumu 100 m/s (sistēmā K) elektromobiļa simetrijas plaknē tā, kā ir parādīts 125. attēlā, un iestrēgst tajā. Cik liels būs elektromobiļa rotācijas leņķiskais ātrums un tā masas centra lineārais ātrums, ja aptuveni novērtētais inerces moments ap asi, kas iet caur masas centru perpendikulāri attēla plaknei ir 2 t · m²? **[3 p]**



125. att.

V2018-10-3. AKUSTISKAIS DOPLERA EFEKTS

Dabā ļoti bieži sanāk sastapties ar viļņu kustību – var novērot ūdens viļņošanos, skaņas izplatīšanos gaisā, Zemes garozas svārstības (tajā skaitā zemestrīces) utt. Uzdevumā apskatīsim tuvāk akustiskos viļņus, to uztveršanu un izmantošanu.

Uzmanību!

I Uzdevuma ietvaros var noderēt sekojošas tuvinājuma formulas:

$$(1+x)^n \approx 1+nx, \text{ ja } x \ll 1$$
$$sin\Theta \approx tg\Theta \approx \Theta, ja\ \Theta < 10^0$$

II Ja kāda uzdevuma punkta ietvaros ir jāizmanto kādā no iepriekšējiem punktiem iegūtais rezultāts, bet to nav bijis iespējams aprēķināt/izdomāt, izrēķiniet to, lietojot kādu apzīmējumu.

Piemērs:

1. Noteiktais lielums X = 200
2. Sekojošā punktā jāizrēķina $Y = X^2$. Tā vietā, lai ievietotu specifisku vērtību, atstājiet vērtību X tajā neievietojot skaitlisku vērtību.

III Skaitliski jārēķina tikai tie uzdevumi, kuros norādītas fizikālo parametru vērtības vai arī tur, kur tās iespējams nolasīt no grafika.

A Apskatīsim monohromatisku skaņas vilni ar viļņa garumu λ (jeb atbilstošā frekvence f_0). Zināms, ka daļiņas nobīde no līdzsvara stāvokļa tiek pierakstīta formā $s(x,t) = s_0\cos(kx - \omega t + \varphi)$

Iedomāsimies, ka skaņas avots pārvietojas ar ātrumu v skaņas izplatīšanās virzienā. Skaņas ātrums ir c. Punktos A1, A2 un A3 prasītos lielumus noteikt atskaites sistēmā, kas saistīta ar zemi.

A1 Kādu attālumu Δx_c būs veicis skaņas vilnis viena perioda laikā $T = \frac{1}{f} = \frac{\lambda}{c}$? **[0,2 p]**

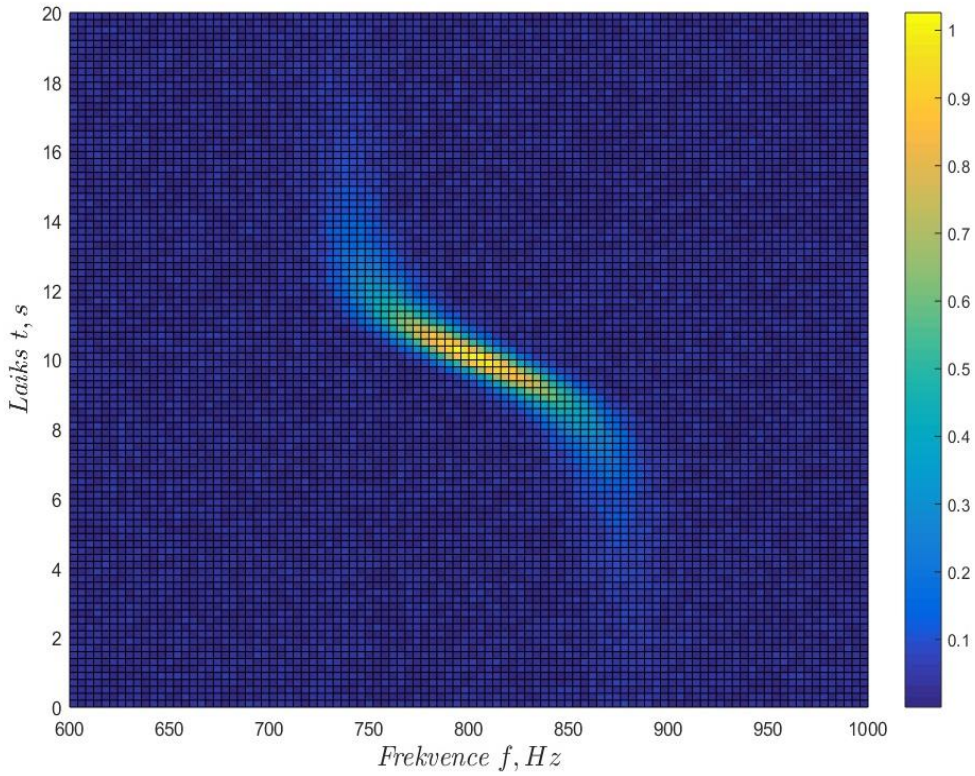
A2 Kādu attālumu Δx_v būs veicis skaņas avots viena perioda laikā $T = \frac{1}{f} = \frac{\lambda}{c}$? **[0,2 p]**

A3 Kāda būs abu attālumu starpība? **[0,2 p]**

A4 Pēc viena pilna perioda *T* skaņas vilnim atkal būs tāda pati fāze kā sākumā, taču attālums starp vienādajām fāzēm nebūs tikai skaņas veiktais attālums, bet nu jau starpība starp pašas skaņas un skaņas avota veiktajiem attālumiem. Tas nozīmē, ka jaunais viļņa garums būs A3 punktā aprēķinātā starpība. Kāda būs šī uztvertā viļņa frekvence, ja zināma sākotnējā frekvence f_0, skaņas izplatīšanās ātrums *c*, kā arī skaņas avota kustības ātrums v? **[0,8 p]**

B Iedomāsimies, ka policijas automašīna ar ieslēgtu sirēnu, kuras frekvence f_0, kustas x ass virzienā ar ātrumu v tieši pretī statiskam novērotājam/uztvērējam. Doplera efekta rezultātā novērotāja uztvertā frekvence ir augstāka (iemeslus izpētījām A daļā) $f = f_0 \frac{1}{1-\frac{v}{c}}$, kur f_0 ir sirēnas frekvence, bet *c* ir skaņas ātrums gaisā.

Kāda būs novērotāja uztvertā sirēnas frekvence, ja pats uztvērējs kustēsies ar ātrumu *u* pretī tuvojošajai policijas automašīnai? **[1,2 p]**



126. att.

C Šajā sadaļā izpētīsim kāpēc mainās uztvertā frekvence garāmbraucošiem skaļiem transportlīdzekļiem vai citiem skaņas avotiem. Lai dotu nelielu ievadu un mājienu pareizajā virzienā – astronoms Džons Dobsons šo efektu skaidro šādi: "Iemesls, kāpēc garām braucoša sirēna maina uztverto frekvenci, ir tāpēc, ka tā jūs nenotriec." 126. attēlā redzama kāda blakus ceļam novietota detektora uztvertās frekvences *f,* ko rada ar nemainīgu ātrumu garāmbraucoša policijas automašīna, un to intensitātes atkarībā no laika *t*. Intensitāte norādīta relatīvās vienībās (1 jeb dzeltenā krāsa atbilst visintensīvākajai skaņai, bet 0 jeb tumši zilā krāsa atbilst trokšņu līmenim). Jo trokšņa izplatītājs atrodas tuvāk detektoram, jo lielāka uztvertā skaņas intensitāte.

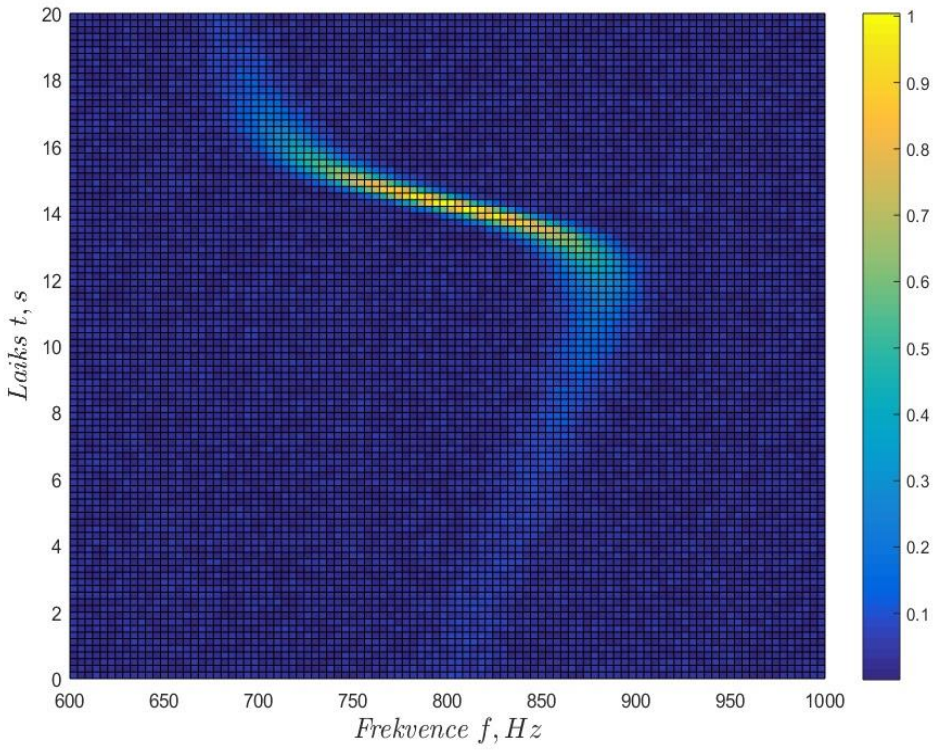
C1 Cik liela ir maksimālā un minimālā frekvence, kādu detektors ir uztvēris sirēnai? **[0,2 p]**

C2 Noteikt, cik liela ir oriģinālā policijas sirēnas frekvence f_0. **[1 p]**

C3 Noteikt, ar cik lielu ātrumu v pārvietojas policijas automašīna. **[1 p]**

C4 Novērtēt skaitliski, cik lielā attālumā *l* no ceļa, pa kuru brauc policijas automašīna, atrodas detektors. **[1,7 p]**

D Pēc maza brīža tā pati policijas automašīna krustojumā uzgriezās atpakaļ uz ielas, kur bija novietots detektors, un sāka strauji uzņemt ātrumu, pēc kāda laika pabraucot garām detektoram (127. att.).



127. att.

D1 Zinot, ka, uzgriežoties uz šīs ielas, policijas automašīnas ātrums bija neievērojams, noteikt tās paātrinājumu. **[1 p]**

D2 Cik tālu no detektora atradās krustojums? **[1 p]**

E Apskatīsim vēlreiz situāciju, kas aprakstīta C jautājumā, kad automašīna brauc pa ceļu garām detektoram, tikai šoreiz pieņemsim, ka policijas automašīna ar nemainīgu ātrumu vienreiz brauc pret vēju un vienreiz pa vējam, kura ātrums ir w.

E1 Kādu minimālo un maksimālo frekvenci uztver detektors, ja policijas automašīnas ātrums ir v, vēja ātrums w, kā arī skaņas ātrums c un sirēnas frekvence f_0? **[1 p]**

E2 Uzskicēt kā izskatīsies detektora uztvertā frekvence atkarībā no laika (uz vertikālās ass laiks, bet uz horizontālās – uztvertā frekvence) gadījumā, ja policija brauc pa vējam un pret vēju. **[0,5 p]**

Eksperimentālā kārta. Demonstrējums.
V2018-10-D. PRIZMU PELDE

Aplūkojiet divas kopā saliktas prizmas, kas darinātas no organiskā stikla!

Centieties ievērot būtiskāko atšķirību to uzbūvē, kas nosaka citādu gaismas staru gaitu caur katru no prizmām!

Šoreiz nav jāsaskata baltās gaismas sadalīšanās krāsās.

Vērojiet, kā lūzt gaismas stari, ejot caur šīm prizmām, kad tās ir iegremdētas ūdenī! Ūdens ir nedaudz iekrāsots ar luminiscējošu krāsvielu, lai stari būtu labāk saskatāmi.

Izskaidrojiet eksperimentu un atbildiet uz jautājumiem!

A Kāda ir galvenā atšķirība starp abām prizmām, kas redzama jau tikai aplūkojot tās? Kāda atšķirība redzama gaismas staru laušanā, ejot tiem caur ūdenī iegremdētajām prizmām? **[1 p]**

B Uzzīmējiet ūdenī iegremdētās „parastās" prizmas šķērsgriezumu un gaismas stara gaitu caur to! Kvalitatīvi precīzi attēlojiet un izskaidrojiet, kurās vietās, kādā virzienā un kāpēc notiek gaismas stara izplatīšanās virziena maiņa! **[1 p]**

C Sarindojiet augošā secībā gaismas laušanas koeficientus *n* eksperimentā lietotajiem materiāliem: organiskajam stiklam, gaisam un ūdenim! Pamatojiet savu vērtējumu ar eksperimentā novēroto! **[1 p]**

D Vai atšķiras organiskā stikla optisko īpašību loma un ieguldījums katras prizmas kā gaismas staru lauzēja darbībā kopumā? Kā darbotos „neparastā" prizma, ja tai apkārt būtu gaiss, nevis ūdens? **[3 p]**

E Uzzīmējiet ūdenī iegremdētās „neparastās" prizmas šķērsgriezumu un gaismas stara gaitu caur to! Kvalitatīvi precīzi attēlojiet un izskaidrojiet, kurās vietās, kādā virzienā un kāpēc notiek gaismas stara izplatīšanās virziena maiņa! **[4 p]**

Eksperimentālais uzdevums
V2018-10-E. LIETDERĪBAS KOEFICIENTA NOTEIKŠANA

Darba uzdevumi

1) Īsi aprakstīt mērījumu veikšanas metodi motora lietderības koeficienta noteikšanai, izvest formulu tā noteikšanai. **[2 p]**

2) Īsi aprakstīt mērījumu veikšanas metodi ģeneratora lietderības koeficienta noteikšanai, izvest formulu tā noteikšanai. **[2 p]**

3) Veikt mērījumus un pierakstīt rezultātus. **[2 p]**

4) Noteikt motora lietderības koeficientu, novērtēt kļūdas apmēru un cēloņus. **[2 p]**

5) Noteikt ģeneratora lietderības koeficientu, novērtēt kļūdas apmēru un cēloņus. **[2 p]**

Darba piederumi:

- Statīvs
- Aukla
- Atsvaru komplekts (skrūve – 31,8 g, uzgrieznis – 9,7 g)
- Multimetrs
- Strāvas avots
- Hronometrs
- Vadi
- Rezistors
- Līdzstrāvas elektrodzinējs/ģenerators

Uzmanību!

Elektrodzinējs un ģenerators ir viena ierīce, kas lietojama abos virzienos. Dzinēja patērētā un it sevišķi ģeneratora saražotā strāva ir ļoti pulsējoša, no tā nav jāmulst!

11. klase

V2018-11-1. KINĒTISKĀS ENERĢIJAS REĢENERĀCIJAS SISTĒMA

Vai esat kādreiz aizdomājušies, cik neefektīvi tiek izmantota kinētiskā enerģija automobilim bremzējot? Visa kinētiskā enerģija tiek pārvērsta siltumā. Tas būtu ieguvums, ja šo enerģiju varētu uzkrāt un atkal izmantot, lai paātrinātos. Šādas sistēmas jau pastāv, un tās lieto gan dažādās autosacīkstēs – Lemānas 24 stundu piedzīvojumu sacīkstēs, Formula 1 u.c., gan ikdienā lietojamos automobiļos – elektromobiļos, hibrīdautomašīnās u.c.

Kinētiskās enerģijas reģenerācijas (KER) sistēmas – sistēmas, kas spēj uzkrāt kinētisko enerģiju. Galvenais KER sistēmas raksturlielums ir maksimāli uzkrātās enerģijas attiecība pret sistēmas masu. KER sistēma būs efektīvāka, ja tā spēs uzkrāt vairāk enerģijas un svērs mazāk.

Aprēķināsim šo attiecību 3 dažādām KER sistēmām

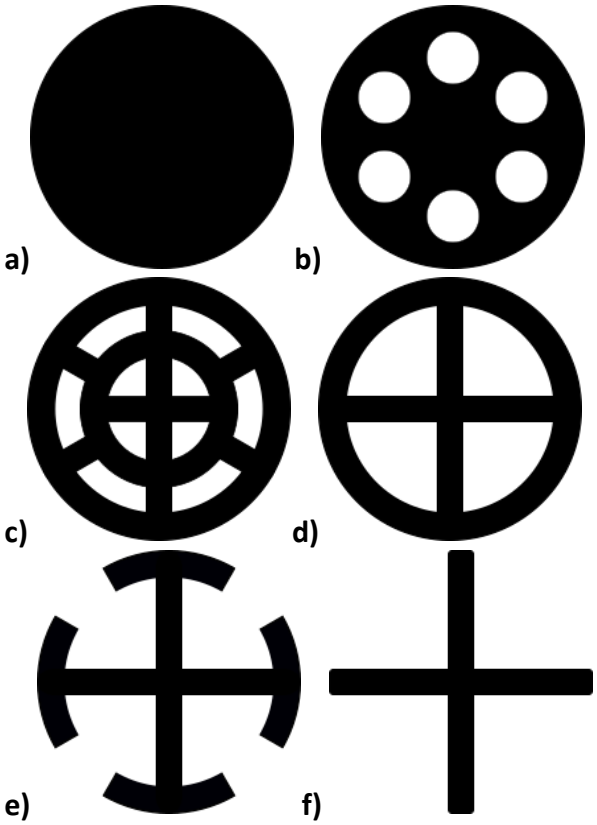
A Elektriskā KER sistēmā enerģiju uzkrāj un glabā baterijās. Cik liela ir maksimālās enerģijas attiecība pret masu AA tipa Li jonu akumulatoru baterijai ar EDS 1,2 V, ja tās ietilpība ir 2000 mAh un masa 23 g?

Piezīme: Automašīnās lieto baterijas, kas ir ievērojami lielākas par AA baterijām, bet to darbības princips un uz masas vienību uzkrātā enerģija ir līdzvērtīga AA baterijai. **[1 p]**

B Enerģiju īslaicīgi var uzkrāt kondensatorā. Kondensatora maksimālās uzkrātās enerģijas attiecību pret masu nosaka materiāls, kas atrodas starp kondensatora plāksnēm (kondensatora plākšņu un korpusa masu neņemt vērā). Izmantosim kondensatoru ar labu dielektriķi, kuram dielektriskā caurlaidība ε = 200, caursites spriegums uz garuma vienību (caursites elektriskā lauka intensitāte) $\frac{U}{d} = 35\ \frac{V}{\mu m}$ un blīvums ρ = 0,92 $\frac{g}{cm^3}$. Cik liela ir maksimālās uzkrātās enerģijas attiecība pret masu šādam kondensatoram? **[2 p]**

C Mehāniskā KER sistēmā enerģija tiek uzkrāta spararatā. Kurš no 128. attēlā parādītajiem spararatiem pie vienādas rotācijas frekvences būs uzkrājis visvairāk enerģijas? Visiem spararatiem ir vienāda masa un ārējais rādiuss, kā arī tie rotē ap rotācijas asi, kas iet caur spararata centru perpendikulāri zīmējuma plaknei. Visiem spararatiem masa ir vienmērīgi sadalīta pa tumšo apgabalu (baltie apgabali ir caurumi). Atbildes izvēli pamatot ar formulu vai skaidrojumu! **[1 p]**

D Izvēlēsimies vienkāršāko no šiem spararatiem jeb disku ar vienmērīgi sadalītu masu (128 a) att.). Cik lielu enerģijas daudzumu uz masas vienību uzkrāj šis spararats pirms diska ārējie punkti rotējot pārvar skaņas ātrumu 300 m/s? *Piezīme. Virs skaņas ātruma ievērojami pieaug enerģijas zudumi.* **[2 p]**



128. att.

E Autosacīkstēs, kur motora maksimālā izdalītā jauda ir ierobežota, papildus jaudu ir iespējams iegūt no KER sistēmas. Tāpēc svarīgs KER sistēmas raksturlielums ir arī jaudas attiecība pret masu.

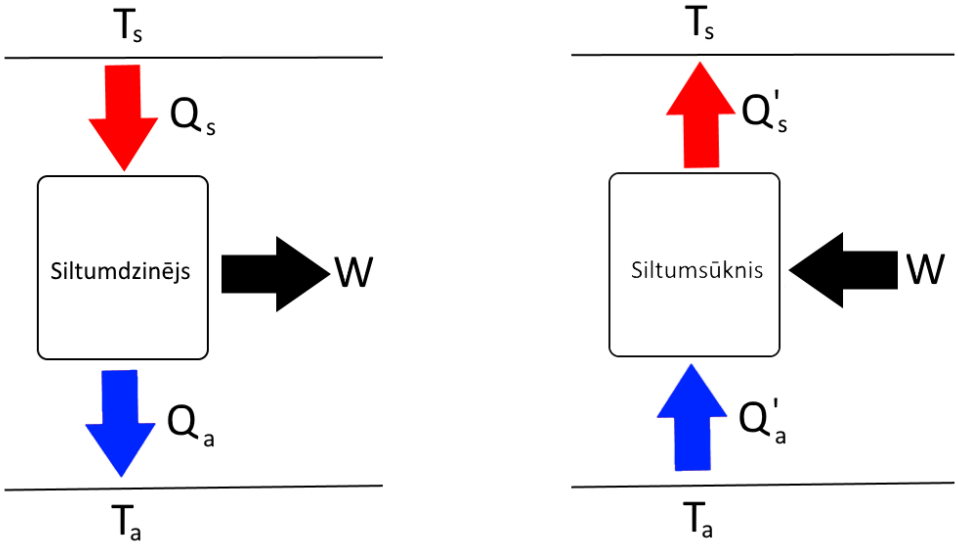
Automašīnās lietotai Li jonu baterijai (m = 450 kg, EDS 240 V, ietilpība 220 Ah) iekšējā pretestība $r = 3\ \Omega$. Cik liela ir maksimāli iespējamā izdalītā jauda ārējā ķēdē? Aprēķināt šīs jaudas attiecību pret KER sistēmas masu. *Piezīme. KER sistēma ar kondensatoru un mehāniskā KER sistēma var attīstīt ievērojami lielāku jaudu*. **[2 p]**

F Novērtēsim, cik smagu KER sistēmu ir jēga uzstādīt. Sacīkšu formulai ar masu 1000 kg, tika uzstādīta KER sistēma, kas spēj 30% no bremzēšanā zaudētās enerģijas pārvērst atpakaļ kinētiskajā enerģijā (paātrināšanās laikā). Cik liela drīkst būt KER sistēmas masa, lai tā samazinātu enerģijas patēriņu, t. i., veicot daudzus apstāšanās un paātrināšanās ciklus līdz vienam un tam pašam ātrumam – ar KER sistēmu patērē mazāk enerģijas nekā bez KER sistēmas? **[2 p]**

V2018-11-2. OTRAIS TERMODINAMIKAS LIKUMS UN SILTUMDZINĒJI

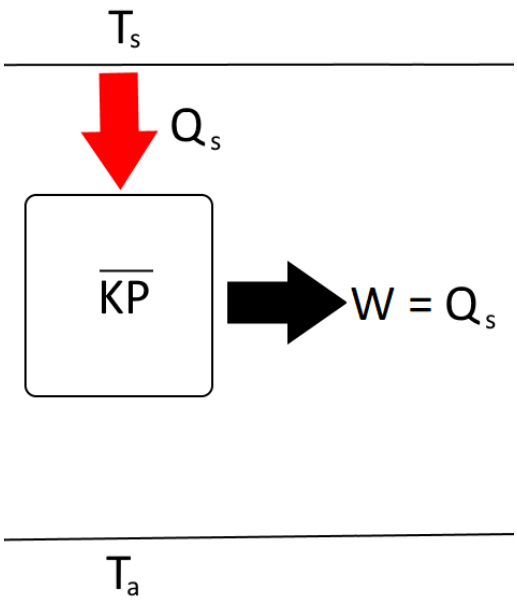
Mūsdienās otrā termodinamikas likuma formulējums balstās uz entropijas pieaugšanas principu, bet vēsturiski sākotnējie formulējumi nebija tik vispārīgi. Tajā pašā laikā tiem piemīt ļoti eleganta un vienkārša struktūra, kas atklāj daudz no maza pieņēmumu skaita. Termodinamika lielā mērā attīstījās industriālās revolūcijas laikā, kad siltumdzinēju uzlabošana bija zinātnieku uzmanības centrā, tāpēc arī šajā uzdevumā fokusēsimies uz tiem. Reāli siltumdzinēji ir daudz sarežģītāki, bet visa mums nepieciešamā fizika ir aptverta relatīvi vienkāršā modelī.

Siltumdzinējs ir cikliska iekārta, kas darbojas starp diviem rezervuāriem – vienu aukstu ar temperatūru T_a un vienu siltu ar temperatūru T_s. Katra cikla laikā tas saņem siltumu Q_s no siltā rezervuārā, pastrādā darbu W un atdod siltumu Q_a aukstajam rezervuāram (129. att.). Siltumsūknis ir dzinējs, kas palaists pretējā virzienā.



129. att. Shematisks siltumdzinēja un siltumsūkņa darbības principu attēlojums. Ievērojiet, ka $Q_a = Q_a'$ un $Q_s = Q_s'$, tikai tad, ja dzinējs ir atgriezenisks.

A Izmantojot enerģijas nezūdamības likumu (pirmo termodinamikas likumu), uzrakstiet sakarību starp lielumiem Q_a, Q_s un W. **[1 p]**



130. att. Siltumdzinējs, kurā pārkāpts Kelvina - Planka postulāts

B Siltumdzinēja lietderības koeficientu definē kā $\eta = \frac{W}{Q_s}$, un vienīgā robeža, ko uzliek pirmais termodinamikas likums, ir $\eta \leq 1$, bet realitātē Q_a nav iespējams padarīt patvaļīgi mazu. Šis uz daži citi novērojumi noveda 19. gs. fiziķus pie sekojošajiem diviem principiem:

Kelvina-Planka postulāts: Nav iespējams konstruēt tādu dzinēju, kura vienīgā darbība ir pārvērst visu ienākošo siltumu darbā.

Klauziusa postulāts: Nav iespējams konstruēt tādu sūkni, kura vienīgais rezultāts ir pārvietot siltumu no auksta rezervuāra uz karstu (balstīts uz novērojuma, ka siltums plūst no karstiem ķermeņiem uz aukstiem).

130. attēlā parādīts dzinējs $\overline{KP}$, kurš pārkāpj Kelvina-Planka postulātu. Uzzīmējiet sūkni $\overline{K}$, kurā pārkāpts Klauziusa postulāts. **[1 p]**

C Izmantojot konstrukciju, kas sastāv no $\overline{K}$ un parastā siltumdzinēja, parādiet, ka $\overline{K}$ eksistence pārkāpj arī Kelvina-Planka postulātu. Līdzīgā veidā iespējams pierādīt, ka dzinējs $\overline{KP}$ pārkāpj Klauziusa postulātu, kas nozīmē, ka abi postulāti īstenībā ir ekvivalenti. **[2 p]**

D Atgriezenisks siltumdzinējs ir tāds, kuru palaižot pretējā virzienā (pārvēršot to par siltumsūkni), Q_a un Q_s vērtības nemainās. Tagad pierādīsim slaveno Karno teorēmu.

Pierādiet, ka atgriezeniska dzinēja lietderības koeficients η_k vienmēr ir lielāks vai vienāds ar jebkura neatgriezeniska dzinēja lietderības koeficientu. (Padoms: Pieņemiet, ka eksistē neatgriezenisks dzinējs, kura lietderības koeficients ir lielāks nekā η_k. Tad parādiet, ka, apvienojot to ar atgriezenisku dzinēju, tiek pārkāpts Klauziusa postulāts.) **[3 p]**

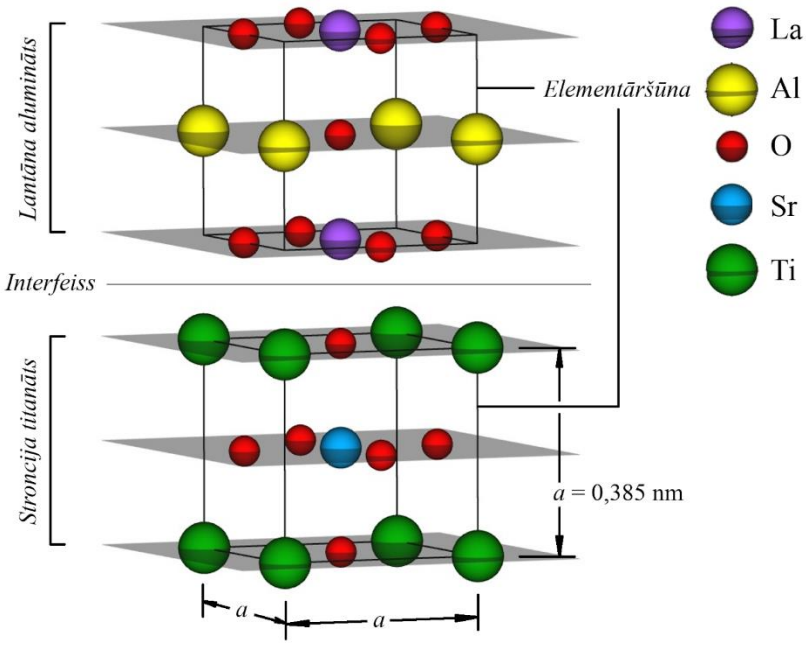
E Ir iespējams parādīt, ka visu atgriezenisku dzinēju lietderības koeficients ir $\eta_k = 1 - \frac{T_a}{T_s}$.

Izmantosim šo rezultātu, lai aprēķinātu kāda ledusskapja iekšējo temperatūru. Pieņemsim, ka šī ledusskapja dzinējs ir atgriezenisks, ledusskapis atrodas istabā ar temperatūru $T_s = 20°\text{C}$, un tā efektīvā jauda ir $P = 120$ W. Siltuma zudumus, kas rodas nepilnīgas siltumizolācijas rezultātā, apraksta jauda $P_Z = kT$, kur siltumvadīšanas koeficients $k = 140\ \frac{\text{W}}{\text{K}}$ un ΔT ir temperatūras starpība starp ledusskapja iekšpusi un istabu.

Nosakiet temperatūru T_a ledusskapja iekšienē. **[3 p]**

V2018-11-3. SAVIENOJUMI JEB PEROVSKITU INTERFEISI

Noteiktā veidā savienojot divus dažādus materiālus, var gadīties, ka jaunajam šādā veidā izveidotam materiālam būs krasi atšķirīgas, dažreiz pat negaidītas īpašības. Šajā uzdevumā apskatīsim, kas notiks, ja uz stroncija titanāta ($SrTiO_3$) pamatnes uzklāj lantāna aluminmāta ($LaAlO_3$) plānu kārtiņu. Abi šie savienojumi ir dielektriķi un, tātad, strāvu nevada, bet eksperimentāli ir pierādīts, ka, tos uzklājot vienu uz otra, rezultātā iegūtais materiāls var būt diezgan labi vadošs.



131. att.

131. attēlā ir parādīta apskatītā struktūra, ko tuvināti var modelēt ar lādētām plaknēm. Plakni, kas nodala $LaAlO_3$ kārtiņu no $SrTiO_3$ pamatnes sauc par interfeisu. Simetrijas dēļ, apskatot šādu struktūru var apskatīt nelielu tās daļu — elementāršūnu — kas attēlā ir iezīmēta ar melnām līnijām. Elementāršūna abām šīm vielām ir kubs ar malas garumu a = 0,385 nm. Par interfeisa elementāršūnu sauksim interfeisa kvadrātu ar malu a.

Apskatīsim gadījumu, kad gan $SrTiO_3$ pamatne, gan $LaAlO_3$ kārtiņa ir ļoti biezas, un brīvo elektronu uz interfeisa nav. Paraugu ievietoja homogēnā elektriskajā laukā tā, lai lauka spēka līnijas būtu perpendikulāras interfeisam. Relatīvā dielektriskā caurlaidība $LaAlO_3$ ir 23,5, bet $SrTiO_3$ — 300.

A Cik liels ir saistīto lādiņu virsmas blīvums uz interfeisa, ja ārējā lauka intensitāte ārpus materiāla ir E_0 = 5 V/cm? **[3 p]**

$LaAlO_3$ veidojošie slāņi ir lādēti, līdz ar to kārtiņas iekšā pastāv elektriskais lauks. Šajā uzdevuma daļā pieņemsim, ka slāņu lādiņi sakrīt ar formāliem lādiņiem (slāņu ieejošo elementu oksidācijas pakāpju summu), t. i. LaO slāņa elementāršūnas (violetās un sarkanās lodītes zīmējumā) lādiņš ir +1e, bet AlO_2 slāņa elementāršūnas (dzeltenās un sarkanās lodītes zīmējumā) lādiņš ir –1e.

B Grafiski attēlojiet, kā mainās elektriskā lauka intensitātes vertikālā komponente *E*z atkarībā no attāluma līdz interfeisam z, ja kārtiņas slāņu skaits ir pāra skaitlis. Paskaidrojiet savu domu gaitu.

Grafiski attēlojiet, kā mainās elektriskā lauka potenciāls φ atkarībā no attāluma līdz interfeisam z. Uzskatiet, ka potenciāls uz paša interfeisa ir nulle. Paskaidrojiet savu domu gaitu. **[3 p]**

Reālajā dzīvē lauks tādā veidā uzvesties nevar, un pie noteikta kārtiņas biezuma lādiņi sāk pārdalīties. Vienkāršākajā gadījumā elementāršūnā no augšējā AlO_2 slāņa uz interfeisam tuvāko TiO_2 slāni vidēji „pārlec" lādiņš q = – 0,5e.

C Cik liels ir maksimālais spriegums *U* starp interfeisam tuvāko TiO_2 slāni un kādu izvēlētu punktu kārtiņas iekšā? **[2 p]**

D Cik liela ir vidējā elektriskā lauka intensitāte kārtiņā pēc šādas lādiņu pārdalīšanās? **[1 p]**

E Eksperimentāli ir noteikts, ka uzklājot 10 elementāršūnu biezo $LaAlO_3$ kārtiņu uz $SrTiO^3$ pamatnes, struktūra paliek elektrovadoša, un brīvu lādiņu virsmas blīvums uz interfeisa ir 0,272 C/m². Cik daudz brīvu elektronu vidēji pienākas uz vienu interfeisa elementāršūnu? **[1 p]**

Eksperimentālā kārta. Demonstrējums.
V2018-11-D. CAURĀ RIPA

No plānas plāksnes izgatavota ripa. Tajā saurbti caurumi. Ripa nostiprināta uz elektrodzinēja ass. Ripu griežam un caur šļūteni pūšam tuvu pret kādu no ripas plaknēm gaisu.

Izskaidrojiet eksperimentu un atbildiet uz jautājumiem!

A Kas dzirdams, ja šļūtenes galu ar gaisa strūklu no tās virza no ripas centra uz malu un atpakaļ? Kas bija dzirdams, kad demonstrētājs izlases kārtībā dažādos attālumos no ripas centra pūta gaisu pret ripu? **[1 p]**

B Kādā veidā ripa darbojas kā skaņas sintezators? Kā rodas šī skaņa, kas ir tās avots? Šeit taču nav ne stīgu, kuru svārstības var izplatīties elastīgā vidē, ne arī stabuļu, kuru iekšienē esošā gaisa svārstību rezonanses frekvence nosaka radītās skaņas augstumu, ne skaļruņa difuzora, kas iesvārsta gaisu. **[2 p]**

C Kas nosaka ar šādu instrumentu iegūstamās augstākās skaņas augstumu un lielāko skaļumu? **[1 p]**

D Kāpēc izgatavojot ripu jāievēro sekojošie nosacījumi? Izskaidrojiet, kas mainītos šī pneimatiskā sintezatora darbībā, ja katrs no nosacījumiem nebūtu izpildīts:

D1 Caurumi ripā jāizvieto uz koncentriskām riņķa līnijām ar centru uz rotācijas ass. **[1 p]**

D2 Katras riņķa līnijas ietvaros attālumi starp caurumiem jāveido vienādi, bet tie var atšķirties no attālumiem citā riņķa līnijā. **[1 p]**

D3 Dažādu riņķa līniju caurumu skaita attiecībām jābūt precīzi aprēķinātām saskaņā ar konstruktora ieceri. **[1 p]**

D4 Caurumu un šļūtenes gala diametrs jāizvēlas atbilstoši muzikanta fiziskajām iespējām. **[1 p]**

D5 Vēlamas ir ripas griešanās ātruma regulēšanas iespējas plašās robežās, taču lietošanas laikā šis ātrums jāspēj saglabāt nemainīgs. **[1 p]**

D6 Ja plānots radīt arī zemas skaņas, ripu jātaisa pietiekami lielu. **[1 p]**

Eksperimentālais uzdevums
V2018-11-E. SILTUMA VADĪŠANAS KOEFICIENTA NOTEIKŠANA

Darba uzdevumi

1) Īsi aprakstīt eksperimenta darba gaitu. **[2 p]**
2) Izvest formulu siltuma vadīšanas koeficienta aprēķināšanai. **[1 p]**
3) Veikt mērījumus un pierakstīt rezultātus. **[1 p]**
4) Uzzīmēt grafiku $\Delta T = f(\sqrt{t})$. **[2 p]**
5) Pēc grafika noteikt nezināmā materiāla siltuma vadīšanas koeficientu. **[2 p]**
6) Noteikt un aprakstīt eksperimenta potenciālos kļūdu avotus. **[2 p]**

Ja starp diviem materiāliem, kuri atrodas kontaktā viens ar otru un katrs aizņem bezgalīgu pustelpu, darbojas konstantas jaudas siltuma avots, tad eksistē analītisks atrisinājums (1) to sākotnējās temperatūras un beigu temperatūras starpības noteikšanai materiālu saskares punktā.

$$\Delta T = \frac{1{,}13 \cdot G \cdot \sqrt{t}}{e_1 + e_2} \qquad (1)$$

kur ΔT – temperatūru starpība starp sākuma un beigu stāvokli $[K]$, G – jauda uz laukuma vienību $\left[\frac{W}{m^2}\right]$, $e_{1,2}$ – katra materiāla termiskā efūzija $\left[\frac{J}{K \cdot m^2 \sqrt{s}}\right]$, t – laiks [s].

Termiskā efūzija tiek definēta kā (2)

$$e = \sqrt{\rho \cdot c_p \cdot \lambda} \qquad (2)$$

kur ρ – blīvums $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$, λ – siltuma vadīšanas koeficients $\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$, c_p – siltumietilpība pie konstanta spiediena $\left[\frac{J}{kg \cdot K}\right]$.

Darbā tiek izmatots k-tipa termopāris, kura sprieguma un temperatūras atkarība ir lineāra un to tuvināti apraksta $T(U) = a * U + T_0$, kur T [K] un spriegums U[mV] (milivoltos), T_0 – konstante [K] un a – konstante [K/mV]. Var pieņemt, ka polistirēns ir ideāls siltuma izolators.

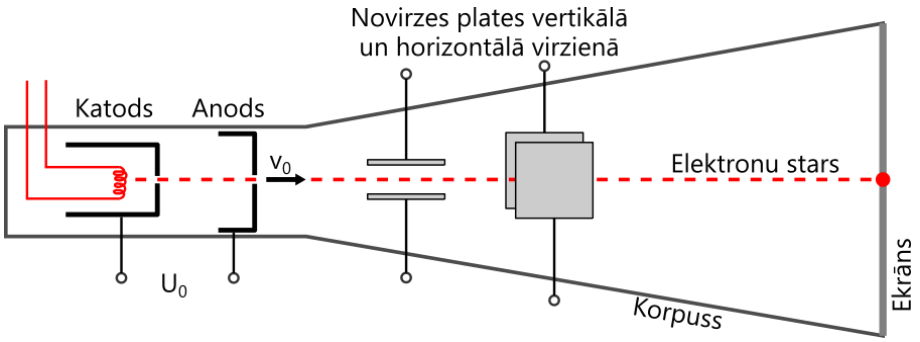
Darba piederumi:

- Strāvas avots
- Multimetrs
- Termopāris
- Hronometrs
- Vadi
- Materiāls (polistirēns) ar zināmu siltuma vadīšanas koeficientu, blīvumu un siltumietilpību pie konstanta spiediena
- Materiāls (koks), kura siltuma vadīšanas koeficientu jānosaka ($\rho = 510\left[\frac{kg}{m^3}\right]$, $c_p = 1600\left[\frac{J}{kgK}\right]$)

12. klase

V2018-12-1. ELEKTRONSTARU LAMPA

Ne tik senā pagātnē televizoru un datoru displejos tika izmantotas elektronstaru lampas. Tādas ierīces shēma ir parādīta 132. attēlā. Tās darbības princips ir sekojošs: elektronu lielgabals veido noteiktā virzienā vērstu elektronu staru, kas tiek vadīts divos perpendikulāros virzienos, izmantojot speciālas novirzes plates, kurām pielikts spriegums. Uz ekrāna atrodas luminofors, kurš spīd, ja tam trāpa elektroni, un tā rezultātā veidojas attēls.

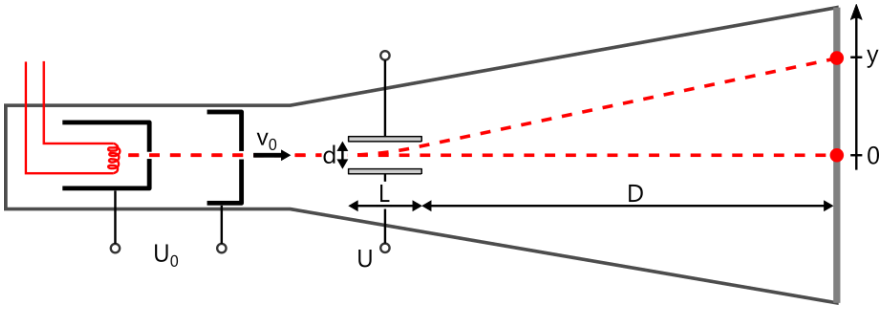


132. att. Elektronstaru lampas shēma.

Elektrona lādiņa absolūtā vērtība e = $1{,}6\cdot10^{-19}$ C, elektrona miera masa m_0 = $9{,}1\cdot10^{-31}$ kg. Uzdevuma A, B, C un D daļās relatīvistiskos efektus neņemt vērā.

A Ar cik lielu spriegumu U_0 ir jāpaātrina elektroni no miera stāvokļa, lai tie sasniegtu ātrumu v_0 = $5\cdot10^7$ m/s? **[1 p]**

B Apskatīsim stara novirzi vertikālā virzienā, skat. 133. attēlu. Novirzes plašu garums L = 20 mm, attālums starp platēm d = 6 mm, elektriskais lauks starp platēm E = 200 V/mm, turklāt tas ir vērsts vertikāli uz leju. Ekrāns atrodas attālumā D = 300 mm no novirzes platēm, attālums starp elektronu avotu un novirzes platēm ir ļoti mazs. Elektronu ātrums elektronu starā ir v_0 = $5\cdot10^7$ m/s. Pieņemt, ka elektriskais lauks starp novirzes platēm ir homogēns, savukārt ārpus platēm elektriskā lauka nav.



133. att. Elektronstara novirze vertikālā virzienā

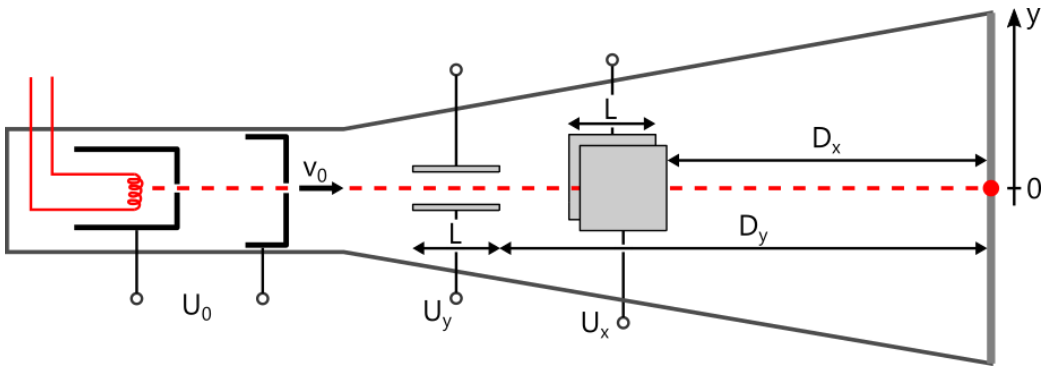
Aprēķināt:

B1 Attiecību starp smaguma spēka un Kulona spēka, kas darbojas uz elektronu, moduļiem.

B2 Elektrona ātruma vertikālo komponenti v_y, tam izlidojot cauri platēm.

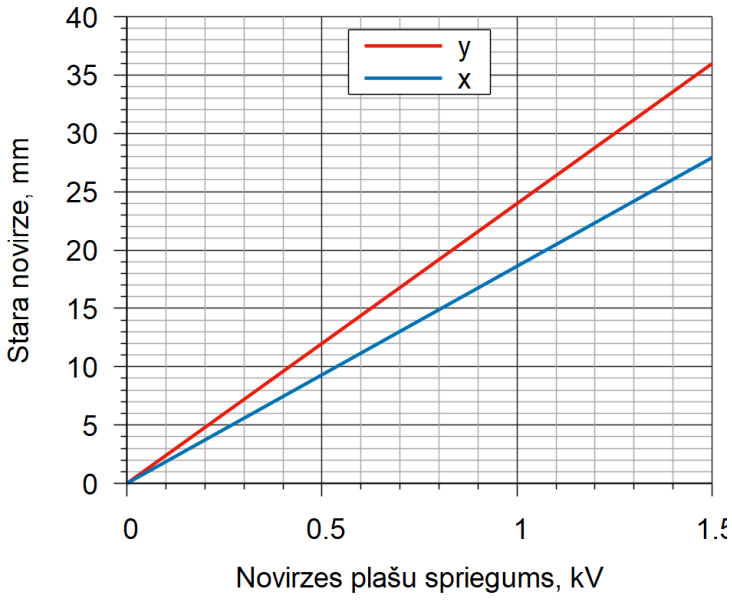
B3 Koordināti y punktam, kurā elektrons trāpa ekrānam. Par y ass sākumpunktu y = 0 uzskatīt punktu, kurā elektrons trāpa ekrānam pie $E = 0$ un pieņemt, ka ekrāns ir plakans.

B4 Attēlu veidošanai displejos elektriskais lauks E starp novirzes platēm mainās laikā atbilstoši noteiktām sakarībām, kā rezultātā elektroni trāpa ekrānam dažādās koordinātēs y, veicot atšķirīgus ceļus. Kādai jābūt ekrāna formai, lai elektronu ceļā pavadītais laiks nebūtu atkarīgs no y? **[4,5 p]**



134. att. Novirzes plates horizontālā un vertikālā virzienā.

C Reālos displejos tiek izmantotas gan vertikālas, gan horizontālas novirzes plates, skat. 134. attēlu (horizontāls virziens x šajā gadījumā ir perpendikulārs attēla plaknei, un x = 0 atbilst nenovirzītam elektronu staram). Novirzes plašu garums $L = 20$ mm, attālums starp platēm $d = 6$ mm, elektroni tiek paātrināti ar spriegumu $U_0 = 9$ kV (šī vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās). Pieņemt, ka elektriskais lauks starp novirzes platēm ir homogēns, savukārt ārpus platēm elektriskā lauka nav. Elektronu stara novirze y un x virzienā atkarībā no platēm pieliktā sprieguma U_y un U_x ir parādīta 135. attēlā. Aprēķināt attālumu starpību $D_y - D_x$. **[2 p]**



135. att. Stara novirze vertikālā un horizontālā virzienā atkarībā no novirzes platēm pieliktā sprieguma.

D Līdz šim uzdevumā tika apskatīta elektronu stara novirzīšana, izmantojot elektrisko lauku, tomēr šim mērķim var izmantot arī magnētisko lauku. Uzzīmēt iespējamo elektromagnētu novietojumu un sniegt īsu darbības principa aprakstu. **[1 p]**

E Apskatīsim elektronu paātrināšanu no miera stāvokļa ar paātrinošo spriegumu U_0. Sākot ar cik lielu U_0 vērtību būtu jāņem vērā relatīvistiskie efekti, ja elektrona ātrums ir jāaprēķina ar 5% precizitāti? **[1,5 p]**

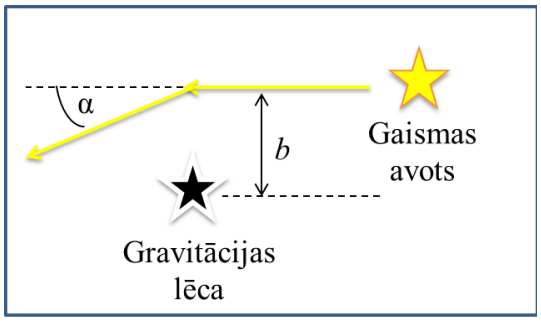
V2018-12-2. GRAVITĀCIJAS LĒCAS

Par gravitācijas lēcas efektu sauc parādību, kad kāda tāla gaismas avota (piemēram, zvaigznes vai galaktikas) radītie gaismas stari tiek izliekti masīva objekta (piemēram, citas galaktikas vai melnā cauruma) gravitācijas spēka ietekmē. Atšķirībā no optiskajām lēcām, gravitācijas lēcās staru deformācija nerodas dēļ gaismas mijiedarbības ar kādu vidi, bet ir rezultāts lokālam pašas telpas izliekumam masīva objekta tuvumā.

Gravitācijas lēcu fiziku apraksta relativitātes teorija, un tā ir ārpus vidusskolas programmas (līdz ar šīs parādības aprakstam nepieciešamo matemātiku). Taču daudzus ar gravitācijas lēcām saistītos efektus iespējams izprast, izmantojot vienkāršas ģeometriskās optikas likumsakarības: tālu pirms un tālu aiz gravitācijas lēcas gaismas stari izplatās, protams, taisnā virzienā. Šajā uzdevumā no relativitātes teorijas aizņemsimies tikai vienu sakarību: gravitācijas lēcas radītais stara noliekums α (izteikts radiānos), var tikt aprakstīts ar vienkāršu formulu:

$$\alpha = \frac{4GM}{bc^2}$$

kur gravitācijas konstante $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{Nm}^2}{\mathrm{s}^2}$, gaismas ātrums $c = 3 \cdot 10^8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, M ir gravitācijas lēcu veidojošā objekta masa, b ir attālums starp aplūkoto gaismas staru un gravitācijas lēcu veidojošā objekta masas centru (sk. 136. attēlu). Telpas izplešanos gaismas ceļojuma laikā šajā uzdevumā neievērot.



136. att.

A Ja salīdzina gravitācijas lēcas ietekmi uz paralēlu staru kūli ar optiskās lēcas ietekmi, tad pie kāda tipa lēcām (savācējlēcām vai izkliedētājlēcām) pieder gravitācijas lēcas, un vai un kur tām būtu atrodams fokusa attālums? **[1 p]**

B Ir iespējams konstruēt tādu optisku (piem., stikla) lēcu, ka tās ietekme uz gaismas izplatīšanos būs līdzīga kā gravitācijas lēcas radītā. Uzskicējiet aptuveni, kāda varētu izskatīties šīs lēcas šķērsgriezuma forma, ja pieņem, ka tās viena puse ir plakana (vienkāršības pēc), un uz to perpendikulāri krīt savstarpēji paralēlu staru kūlis. Abas lēcas puses ir gludas. **[1 p]**

C 1919. gadā Artūrs Edingtons veica vienu no pirmajām relativitātes teorijas eksperimentālajām pārbaudēm, Saules aptumsuma laikā novērojot kādu zvaigzni. Saules masas radītā gravitācijas lēcas efekta dēļ zvaigzne tika novērota nedaudz atšķirīgā vietā (attiecībā pret citām zvaigznēm) nekā tai būtu jāatrodas, ja Saules masa neradītu telpas kropļojumus.

Kurā virzienā būs nobīdījies zvaigznes attēls attiecībā pret punktu, kurā zvaigzne būtu novērota, ja nebūtu gravitācijas radīto staru gaitas izkropļojumu? Kur būtu jāatrodas zvaigznei, lai šī nobīde būtu vislielākā, un cik liela ir šī maksimālā iespējamā zvaigznes novērošanas leņķa izmaiņa? Vai ir iespējams šādā eksperimentā novērot no Zemes zvaigzni, kas atrodas tieši aiz Saules? **[4 p]**

Saules masa ir $2 \cdot 10^{30}$ kg, rādiuss $R = 7 \cdot 10^8$ m, attālums no Saules līdz Zemei vienāds ar $L_{ZS} = 1{,}5 \cdot 10^{11}$ m.

D Gravitācijas lēcu veido kāda spirālveida galaktika, ko tuvināti var uzskatīt par plānu, necaurspīdīgu disku ar vienmērīgu masas sadalījumu. Apskatīsim situāciju, kad kāds spilgts gaismas avots atrodas tieši aiz šādas lēcas plaknes, uz vienas taisnes ar novērotāju un lēcas centru. Lēcas disks ir perpendikulārs novērošanas virzienam. Attālums starp novērotāju un lēcu, kā arī attālums starp lēcu un gaismas avotu ir vienādi un abos gadījumos tas ir $D = 10^9$ parseki (1 parseks = 3,2 gaismas gadi = $3{,}09 \cdot 10^{16}$ m). Cik liels ir minimālais gravitācijas lēcas masas virsmas blīvums ρ_c (izteikts kg/m^2), lai šāda avota gaismu varētu novērot? **[2 p]**

E Pieņemsim, ka D punktā apskatītās galaktikas masas virsmas blīvums ρ ir lielāks par atrasto ρ_c vērtību. Ja gaismas avots atrodas aiz lēcas un tieši uz kopīgās taisnes ar novērotāju un lēcas centru, tad šajā situācijā punktveida gaismas avota vietā novērotājs redzēs gaismas gredzenu (t. s. Einšteina gredzens). Ja galaktikas masa ir 10^{12} reižu lielāka par Saules masu, tad cik liels ir gaismas gredzena leņķiskais lielums (leņķiskais rādiuss)? **[1 p]**

F Ja E punktā apskatītajā situācijā gaismas avots būs nedaudz novirzīts no lēcas un novērotāju savienojošās taisnes, tad kāds būs novērotājam redzamais gaismas avota attēls šajā gadījumā? **[1 p]**

V2018-12-3. NEITRONU ZVAIGZNES IZMĒRA NOVĒRTĒJUMS

Zvaigžņu izmērus nosaka līdzsvars starp gravitācijas un zvaigznes vielas spiediena spēkiem. Parastās zvaigznes sastāv no karstas plazmas, kuras spiediens ir atkarīgs no temperatūras. Bet dabā ir iespējamas zvaigznes, kas sastāv no atdzisušas neitronu gāzes, kuras spiedienu nosaka kvantu efekti. Šajā uzdevumā mēs novērtēsim šādas neitronu zvaigznes raksturīgo izmēru.

Dotie lielumi: zvaigznes masa M, neitrona masa $m_n = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg, gravitācijas konstante $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg \cdot s}^2}$, Planka konstante $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$. Uzdevuma mērķis ir noteikt neitronu zvaigznes rādiusa R_0 atkarību no dotajiem lielumiem ar precizitāti līdz bezdimensionālajai skaitliskajai konstantei, modelējot zvaigznes vielu kā homogēnu ideālu kvantu deģenerētu neitronu gāzi.

A Iekšējā un gravitācijas enerģija [2 p]

Gravitācijas potenciālā enerģija E_{gr} ir darbs, ko pastrādātu gravitācijas spēki, zvaigznes vielu vienmērīgi izklīdinot neierobežotā telpā. E_{ie} ir neitronu gāzes iekšējā enerģija (to veido visu neitronu kvantiskas kustības kinētiskā enerģija, tas ir paskaidrots zemāk). Šo lielumu atkarību no zvaigznes rādiusa R pie fiksētās zvaigznes masas var pierakstīt kā

$$E_{ie}(R) = \frac{A}{R^\alpha} \qquad\qquad E_{gr}(R) = \frac{B}{R^\beta}$$

Modelējot zvaigznes vielu kā homogēnu ideālu kvantu deģenerētu neitronu gāzi, jāatceras par šīs gāzes būtiskajām atšķirībām no parastajām gāzēm. Parastās gāzes iekšējā enerģija ir atkarīga tikai no temperatūras. Pretēji tam, neitronu gāzes iekšējā enerģija ir atkarīga tikai no tilpuma.

A1 Kuri no lielumiem A, B, α, β – ir pozitīvi un kuri ir negatīvi?

A2 Ņemot vērā, ka neitronu zvaigznes stāvoklis ir stabils, kurš no lielumiem α vai β ir lielāks?

A3 Kā noteikt R_0, ja A, B, α un β ir zināmi?

B Neitronu gāzes iekšējās enerģijas novērtējums no Heizenberga nenoteiktības principa [5 p]

Neitronu gāzes spiedienu var novērtēt, izmantojot Heizenberga nenoteiktības principu. Tas nosaka, ka ierobežojot daļiņas kustību telpiskajā apgabalā ar lineāru izmēru Δx, tās impulss x ass virzienā nav vienāds ar nulli, bet ir nejaušs lielums ar vidējo vērtību nulle un vidējo kvadrātisko novirzi Δp. Pie pietiekami zemas temperatūras, kad gāzes spiedienu nosaka tikai kvantu efekti, minētos lielumus saista sakarība

$$\Delta x \Delta p \approx \frac{h}{2\pi},$$

kur *h* ir Planka konstante.

Vienam neitronam pieejamo tilpumu var novērtēt kā $(\Delta x)^3$. Pauli princips nosaka, ka telpas apgabali, kuros kustas katrs neitrons, nevar savstarpēji pārklāties.

B1 Novērtē viena neitrona raksturīgo kinētisko enerģiju atkarībā no zvaigznes masas, neitrona masas un zvaigznes rādiusa, izmantojot Heizenberga un Pauli principus.

B2 No punktā B1 iegūtā rezultāta nosaki pakāpes rādītāju α un novērtē konstanti A neitronu gāzes iekšējās enerģijas izteiksmē $E_{ie}(R)$.

C Gravitācijas potenciālās enerģijas novērtējums [2 p]

Divu ķermeņu ar masām m_1 un m_2, kas atrodas savstarpējā attālumā *L*, gravitācijas mijiedarbības potenciālā enerģija ir

$$E_{12} = -G\frac{m_1 m_2}{L}$$

Novērtē homogēnas zvaigznes pilno gravitācijas potenciālo enerģiju $E_{gr}(R)$, nosaki pakāpes rādītāju β un novērtē konstanti *B*. Padoms: zvaigznes tilpumu var tuvināti sadalīt divos vai vairākos ķermeņos.

D Rezultāta skaitliskais novērtējums [1 p]

Tipiskās neitrona zvaigznes masa ir 1,4 reizes lielāka par Saules masu: $M = 2{,}8 \cdot 10^{30}$ kg.

Aprēķini aptuveno tipiskās neitronu zvaigznes diametru.

Eksperimentālā kārta. Demonstrējums. V2018-12-D. RIŅĶA DANCIS

Izolēts vara vads satīts īsā spolē. Spolei uzlikts līdzīga diametra sekls cilindrisks stikla trauks. Traukā ievietoti divi vara elektrodi. Viens no tiem ir trauka vidū, bet otrs visapkārt pie pašas sānu sienas. Spoli un elektrodus var pievienot līdzsprieguma avotam (vienam vai diviem neatkarīgiem, vienalga – tas eksperimentā neko nemaina). Traukā ieliets vara vitriola šķīdums. Lai varētu ieraudzīt ūdens iespējamo kustību, tam piebērtas melna polietilēna kripatas, kas būtiski neietekmē eksperimenta gaitu.

Vērojiet eksperimentu, aprakstiet un izskaidrojiet redzēto pēc katras no sekojošajām darbībām ar iekārtu, atbildiet uz jautājumiem!

A Līdzspriegumam pievienojam tikai spoli. Tad līdzspriegumam pievienojam tikai elektrodus. **[1 p]**

B Līdzspriegumam pievienojam ne tikai elektrodus, bet arī spoli. Kā jūs nosauktu spēku, kas tagad sāk papildus darboties uz elektrolīta joniem? Kā sauc to pašu spēku citās vidēs? **[2 p]**

C Kā ir savstarpēji orientēti spēki, kas darbojas uz pozitīvajiem un uz negatīvajiem elektrolīta joniem? Kurš no tiem un kā nosaka elektrolīta masas kustību radiāli un ap centru? **[3 p]**

D Abus patērētājus vienlaicīgi pārslēdzam pretējā polaritātē. Tad vēlreiz mainām polaritāti tikai spolei. Tad vēlreiz mainām polaritāti tikai elektrodiem. **[1 p]**

E Kādi varētu būt cēloņi vara vitriola šķīduma atšķirīgiem leņķiskajiem ātrumiem dažādos attālumos no trauka centra? **[2 p]**

F Kas varētu izsaukt novirzes no vara vitriola šķīduma masas kustības pa riņķa līnijām? **[1 p]**

Eksperimentālais uzdevums
V2018-12-E. SHĒMA

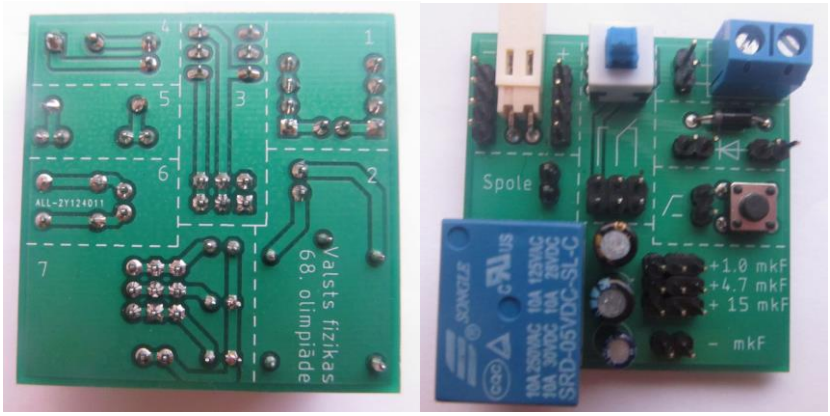
Darba uzdevumi

1. Izveidojiet shēmu, ar kuras palīdzību kaut vai īslaicīgi var iegūt spriegumu, kas pārsniedz baterijas spriegumu. Aplieciniet Jūsu izveidotās shēmas darbību ar sprieguma mērījumu palīdzību. Shēmas darbības laikā drīkst pārslēgt slēdžus un spiedpogas, bet nedrīkst pārslēgt vadus.
2. Novērtējiet dotās spoles induktivitāti, vismaz lieluma kārtu.
3. Aprakstot paveikto, uzzīmējiet shēmu, izskaidrojiet tās darbību, uzrādiet mērījumu un aprēķinu tabulas. Atcerieties, ka multimetrs veic dažus mērījumus sekundē, turklāt vidējo mērījuma vērtību. Tāpēc, lai noteiktu maksimālo mērāmā lieluma vērtību strauji mainīga signāla gadījumā, mērījumi jāatkārto vairākas reizes.

Darba piederumi:

- spole (elektromehāniskā releja magnēta tinums, pretestība R = 70 Ω),
- baterija (U = 6V)
- diode
- vairāki kondensatori (1 µF, 4,7 µF un 15 µF)
- spiedpoga
- divpozīciju slēdzis un vadi
- multimetrs

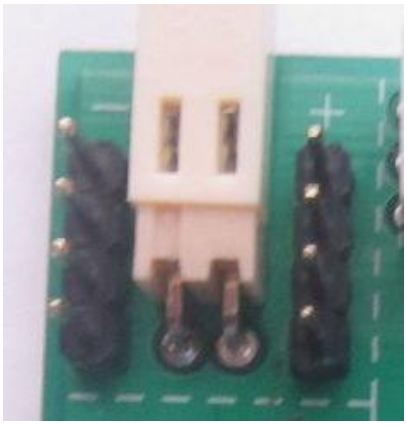
Lai atvieglotu darbu, visas komponentes, izņemot bateriju, ir izvietotas uz platītes (skat. 137. att.).



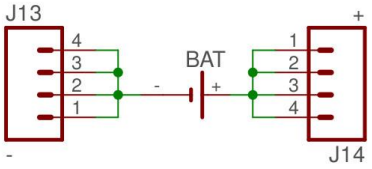
137. att.

Eksperimenta shēmu izveido ar vadiem, savienojot platītē ielodētos spraudņus. Šie spraudņi ir savienoti ar elektriskajām komponentēm. Lai vieglāk varētu orientēties, platīte ar pārtrauktu līniju ir sadalīta apgabalos. Katrā no tiem atrodas elements, tam atbilstošais spraudnis un paskaidrojoša skice vai teksts.

1. Baterijas pieslēgšanas vieta. Visi spraudņa “+” elementi ir pieslēgti pie baterijas “+”, savukārt visi spraudņa “-” elementi ir pieslēgti pie baterijas “-”



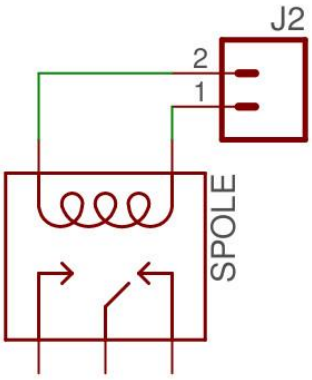
138. att.



139. att.

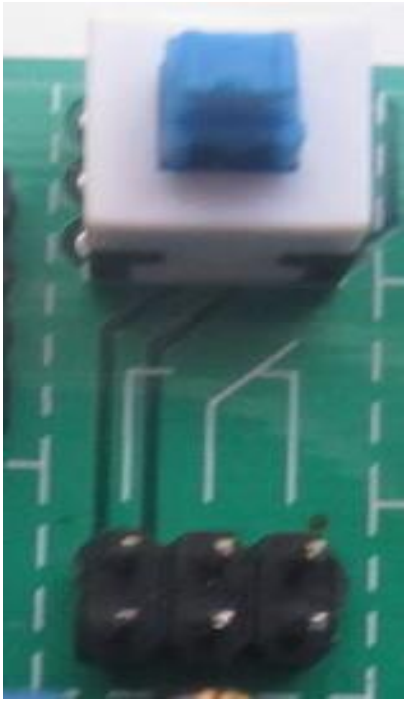
2. Spole ir elektromagnētiskā releja tinums

140. att.

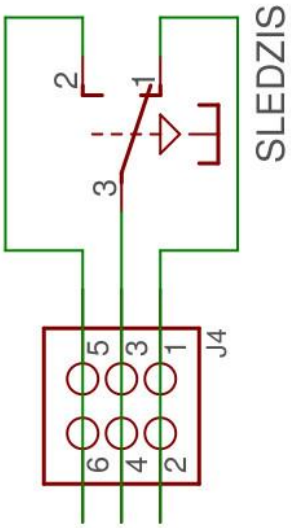


141. att.

3. Divpozīciju slēdzis. Slēdžu savienojums parādīts nenospiestā veidā

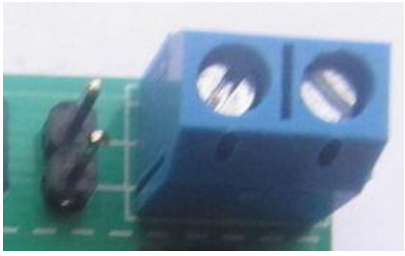


142. att.



143. att.

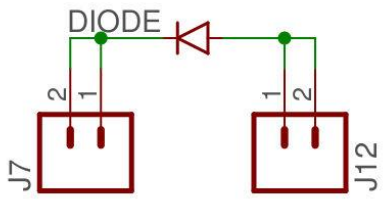
4. Multimetra pieslēguma vieta, lai rokas būtu brīvas



144. att.

5. Diode

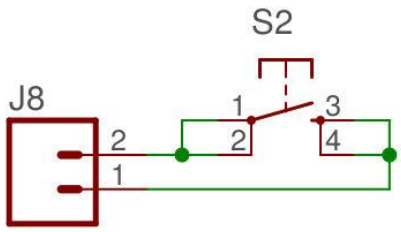
145. att.



146. att.

6. Spiedpoga

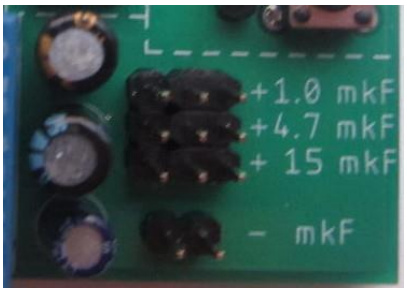
147. att.



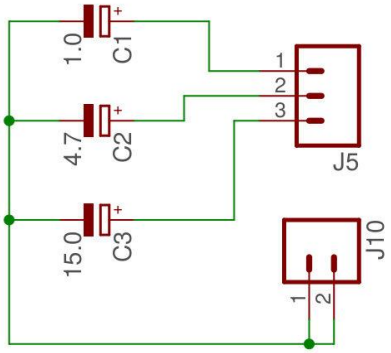
148. att.

7. Kondensatori ar kapacitātēm 1, 4,7 un 15 mikrofaradi.

Šie kondensatori ir polāri! Slēdzot shēmā, tiem ir jāievēro polaritāte: kondensatora "+" jābūt pozitīvam spriegumam mērot to attiecībā pret kondensatora "-". Šeit uz platītes visi kondensatoru "-" savienoti kopā!



149. att.



150. att.

2018./2019. mācību gads – Latvijas 69. fizikas olimpiāde

Novada olimpiāde – 2019

9. klase

N2019-9-1. PITONS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Parasti, ja runājam par to kā čūskas pārvietojas, vairums cilvēku saka, ka čūskas lien "S" burta veidā, taču čūskas prot līst arī taisnā virzienā, izmantojot vēdera muskuļus, lai stumtu sevi uz priekšu. Pārvietojoties taisnā virzienā, čūskas var izlīst cauri šaurām spraugām.

1. Dresētājs cirkā dresē pitonu, kura garums L = 7 m. Pitons pamanīja neaizvērtu spraugu manēžas apmalē 10 m attālumā no savas galvas. Ja pitons rāpos taisni uz priekšu, tad tiks ārā no manēžas. Dresētājs atrodas r = 30 m attālumā no pitona viduspunkta perpendikulāri attiecībā pret pitonu brīdī, kad pitons sāk līst taisni uz priekšu ar ātrumu v = 8 km/h.

A Ar cik lielu ātrumu m/s lien pitons?
Atbilde: v = ☐ m/s **[1 p]**

B Cik ilgs laiks nepieciešams pitonam, lai viņš pilnībā izlīstu laukā no manēžas?
Atbilde: t = ☐ s **[1 p]**

Dresētājs pamanīja spraugu un pitona kustību un sāka skriet taisnā virzienā pie spraugas. Noskaidrosim ar cik lielu minimālo ātrumu jāskrien dresētājam, lai viņš paspētu aizvērt spraugu līdz brīdim, kad pitons būs aizlīdis līdz tai.

C Cik liels attālums ir jānoskrien dresētājam līdz spraugai?
Atbilde: s_d = ☐ m **[1 p]**

D Cik ilgu laiku dresētājs patērēs, lai nokļūtu līdz spraugai?
Atbilde: t = ☐ s **[1 p]**

E Cik liels ir dresētāja minimālais kustības (skriešanas) ātrums, lai viņš paspētu pieskriet pie spraugas manēžas apmalē pirms pitons būs aizlīdis līdz tai?
Atbilde: v_{min} = ☐ m/s **[1 p]**

F Cik liels ir dresētāja minimālais kustības (skriešanas) ātrums, lai, nokļūstot līdz spraugai, saķertu pitonu vismaz aiz astes?
Atbilde: v_{min} = ☐ m/s **[1 p]**

2. Otra pitona garums L = 6 m, platums 30 cm un masa 70 kg. Brīvās krišanas paātrinājums g = 9,8 m/s^2.

Cik lielu spiedienu pitons rada uz zemi, kad ir pilnībā izstiepies? Uzskatīt, ka pitona masa ir sadalīta vienmērīgi pitona garumā un platumā.

Atbilde: p = ☐ Pa **[1 p]**

3. Dresētājs māca pitonam veikt pagriezienu par 180°, kura tehnika ir sekojoša. Pitonam, lienot taisni uz priekšu ar ātrumu u, nonākot līdz dresētāja kājām, pitona priekšējā daļa maina kustības virzienu uz pretējo, lienot prom ar ātrumu w, kur $w \geq u$. To var iedomāties, pieņemot, ka pitona priekšējās daļas muskuļi ir stiprāki par aizmugurējās daļas muskuļiem un pagriežoties, priekšējā daļa vairs nevelk aizmugurējo pitona daļu tik ātri sev līdzi.

Ja w = u, tad pitona pagrieziena punkts visu pagrieziena laiku atrodas pie dresētāja kājām. Ja w > u, tad pitona pagrieziena punkts attālinās no dresētāja kājām. Pagrieziens beidzas tajā momentā, kad pitons ir pilnīgi izstiepies un lien prom no dresētāja. Pitona garums L = 6 m visu laiku ir nemainīgs.

A Cik ilgā laikā pitons veiks pilnu pagriezienu, ja w = u = 8 km/h?

Atbilde: t = ☐ s **[1 p]**

B Cik ilgā laikā pitons pilnībā pagriezīsies, ja w = 3 m/s un u = 2 m/s?

Atbilde: t_p = ☐ s **[1 p]**

C Cik tālu no dresētāja kājām atradīsies pitona astes gals uzreiz pēc tam, kad pitons būs pilnībā pagriezies, ja w = 3 m/s un u = 2 m/s? Pagrieziena veikšanas sākumā pitona galva ir atradusies pie dresētāja kājām.

Atbilde: x_A = ☐ m **[1 p]**

N2019-9-2. PUSDIENAS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Pēterim ledusskapī bija divas gardas pankūkas. Viena bija ar liellopu gaļas pildījumu, bet otra – ar siera pildījumu. Katrā pankūkā ir 0,1 kg pildījuma un 50 g mīklas. Pankūkas ir gatavas, kad to temperatūra sasniedz 75 °C. Īpatnējās siltumietilpības vērtības pankūku sastāvdaļām: $c_{mīklai}$ = 2000 J/(kg·°C), $c_{gaļai}$ = 3520 J/(kg·°C), c_{sieram} = 2770 J/(kg·°C).

PANKŪKAS

1.

A Kura pankūka sasils ātrāk, ja tām tiks pievadīts vienāds siltuma daudzums? **[1 p]**

- Gaļas pankūka
- Siera pankūka
- Abas vienlaicīgi
- Nevar noteikt

B Cik liels siltuma daudzums *Q* jāpievada gaļas pankūkai, lai tā būtu gatava, ja, izņemot no ledusskapja, tās sākuma temperatūra *t* = 10 °C. Rezultātu izsaki kJ un noapaļo līdz veselam skaitlim.

Atbilde: *Q* = ☐ kJ **[1 p]**

C Gaļas pildījuma masa ir 0,1 kg. Cik lielai jābūt siera pildījuma masai, lai abas pankūkas izceptos vienlaicīgi? Rezultātu izsaki gramos.

Atbilde: *m* = ☐ g **[1 p]**

GATAVOŠANA UZ UGUNS

2. Pēteris nolēma pankūkas paņemt līdzi, ejot pārgājienā, un uzsildīt tās uz ugunskura. Viņš varēja izvēlēties – bērza, ozola, priedes vai kļavas – zarus. Īpatnējais sadegšanas siltums malkai: $q_{bērzs} = 18{,}7\ \frac{MJ}{kg}$, $q_{ozols} = 17{,}4\ \frac{MJ}{kg}$, $q_{priede} = 19{,}5\ \frac{MJ}{kg}$, $q_{kļava} = 18{,}5\ \frac{MJ}{kg}$.

A Kura koka zari tiktu patērēti vairāk (salīdzinot pēc masas), lai izceptu vienu un to pašu pankūku daudzumu? **[1 p]**

- visos gadījumos vienāda masa
- bērza zari
- priedes zari
- ozola zari
- kļavas zari

B Cik gramu bērza malkas ir jāizmanto, lai izceptu 10 gaļas pankūkas uz čuguna pannas, ja pannai ir uzlikts vāks? Ēdiena un pannas sildīšanai tiek patērēti 5% no siltuma, kas rodas sadegot malkai. Pankūku un pannas sākuma temperatūra ir *t* = 10 °C, pannas masa m_{panna}= 2,3 kg, čuguna īpatnējā siltumietilpība ir $c_{čuguns} = 540\ \mathrm{J/(kg°C)}$.

Atbilde: *m* = ☐ g **[1 p]**

C Ja cepšanas procesā pannai ir uzlikts vāks, tad pankūku sildīšanai tiek patērēts 5% siltuma daudzuma, kas rodas bērza malkai sadegot ugunskurā. Ja pankūkas cep uz pannas bez vāka, tad no visiem šiem 5% siltuma daudzuma – pankūku cepšanai tiek patērēti tikai 60%.

Par cik lielu masu pieaugs patērētās bērza malkas daudzums, ja 10 pankūkas ceps uz pannas bez vāka salīdzinājumā ar pankūku cepšanu, kad pannai ir uzlikts vāks? Siltumapmaiņu ar pannas vāku neņemsim vērā.

Atbilde: Δm = ☐ g **[1 p]**

SERVĒŠANA

3. Pirms ēšanas Pēteris sasildīto gaļas pankūku uzliek uz keramikas šķīvja. Pankūkas temperatūra t_p = 75 °C, masa 150 g un vidējā siltumietilpība $c_{pankūka} = 3020\ \frac{J}{kg \cdot {}^0C}$. Šķīvja masa $m_{šķ}$ = 0,25 kg, temperatūra $t_{šķ}$ = 20 °C un īpatnējā siltumietilpība $c_{keramika} = 850\ \frac{J}{kg \cdot {}^0C}$.

A Cik liela būs šķīvja un pankūkas temperatūra pēc termodinamiskā līdzsvara iestāšanās? Atbildi noapaļo līdz veselam skaitlim!

Atbilde: t = _____ °C **[1 p]**

B Pēteris paņem citu šķīvi, kura siltumietilpība ir lielāka, bet temperatūra un masa tāda pati kā iepriekš apskatītajam keramikas šķīvim. Kāda būs temperatūra pēc termodinamiskā līdzsvara iestāšanās šajā gadījumā?

Atbilde: [1 p]

- tāda pati kā pankūkai uz keramikas šķīvja
- augstāka kā pankūkai uz keramikas šķīvja
- zemāka kā pankūkai uz keramikas šķīvja

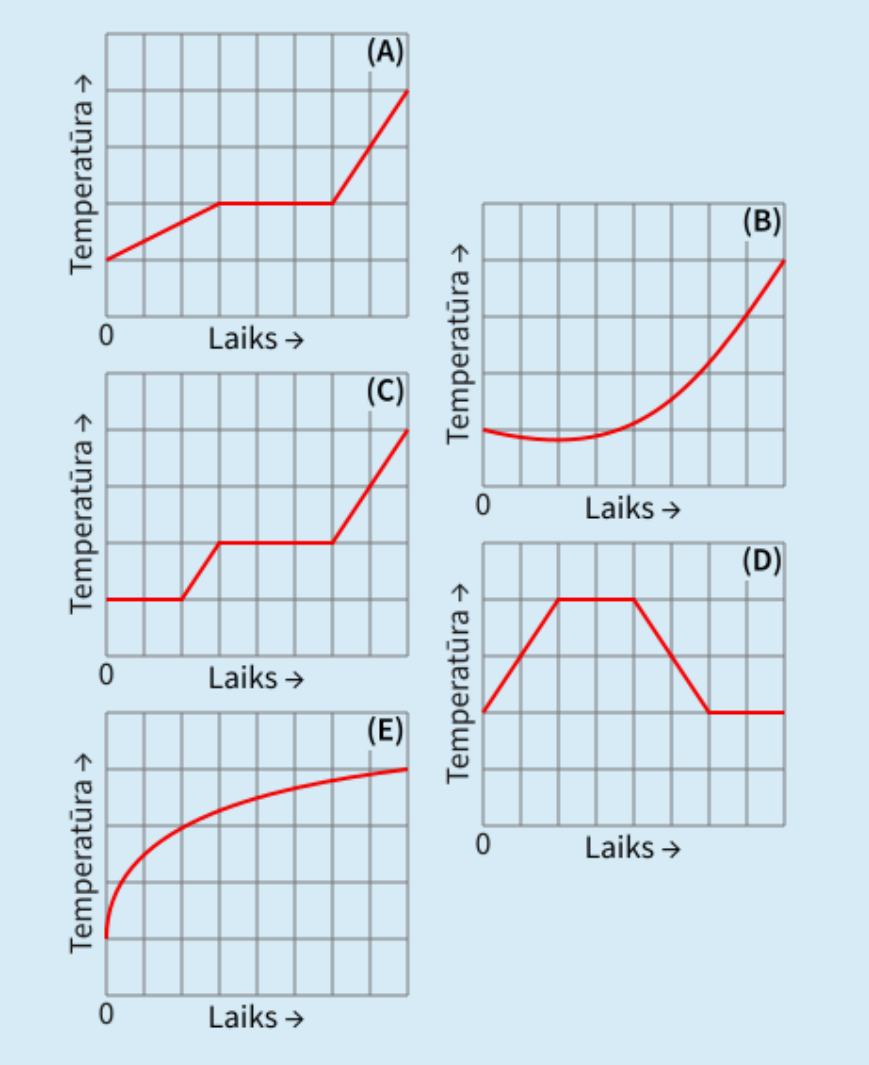
TĒJA

4. Pēteris nolēma pie pankūkām uzvārīt tēju. Viņš tējkannā ielēja puslitru ūdens. Elektriskās tējkannas jauda – 2,5 kW (tas nozīmē, ka katru sekundi tējkanna ūdenim pievada 2500 J lielu siltuma daudzumu). Ūdens īpatnējā siltumietilpība c = 4200 J/(kg·°C), ūdens īpatnējais iztvaikošanas siltums $L = 22{,}6 \cdot 10^5$ J/kg.

A Pēteris tējkannā ielēja puslitru ūdens ar sākuma temperatūru t = 20 °C. Sākumā ūdens tiek sildīts, tad tas vārās un iztvaiko. Kurš ūdens temperatūras maiņas grafiks 151. attēlā atbilst aprakstītajai situācijai?

Atbilde: [1 p]

- A
- B
- C
- D
- E



151. att.

B Pēteris par ieslēgto tējkannu atcerējās tikai pēc 10 minūtēm.

Vai Pēterim izdosies uztaisīt tēju, ja tējai nepieciešami vismaz 250 ml ūdens un tējkannas automātiskais slēdzis nenostrādā, t. i., neatslēdz tējkannu, kad ūdens sāk vārīties? Ūdens sākotnējā temperatūra bija 20 °C.

Atbilde: [1 p]

- Jā
- Nē

N2019-9-3. ELEKTRISKIE SLĒGUMI

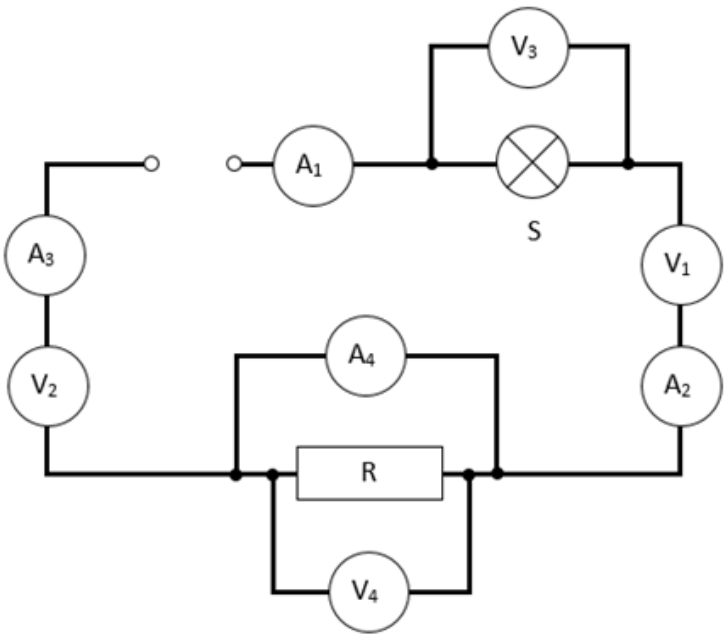
Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

1. Mazais brālītis nolēma palīdzēt lielajam brālim saslēgt elektrisko ķēdi. Saslēdzis virknē ampērmetru A_1, spuldzīti S, voltmetru V_1, ampērmetru A_2, rezistoru R, voltmetru V_2, ampērmetru A_3, brālītis vēl atrada ampērmetru A_4 un voltmetrus V_3 un V_4, kurus pieslēdza paralēli spuldzītei S un patērētājam R kā redzams zīmējumā (skat. 152. att.). Lielais brālis viņam neļāva šo slēgumu pievienot pie sprieguma avota. Izpēti slēgumu un palīdzi izlabot saslēgto elektrisko ķēdi. Vadu pretestību slēgumā neņemam vērā.

A Kurš vai kuri no ampērmetriem ir jāizņem no elektriskā slēguma, jo ar to (tiem) nevarēs izmērīt strāvas stiprumu spuldzītes un rezistora virknes slēgumā, kad slēgumu pieslēgs sprieguma avotam?

Atbilde: [0,5 p]

- A_1
- A_2
- A_3
- A_4
- visi ampērmetri jāizņem no slēguma
- neviens ampērmetrs nav jāizņem no slēguma



152. att.

B No slēguma tiek izņemti neatbilstoši saslēgtie ampērmetri. Kurš vai kuri no voltmetriem ir jāizņem no elektriskā slēguma, jo šādi saslēgti tie (tas) neuzrādīs spriegumu uz patērētājiem, kad slēgumu pieslēgs sprieguma avotam?

Atbilde: [0,5 p]

- V_1
- V_2
- V_3
- V_4
- visi voltmetri jāizņem no slēguma
- neviens voltmetrs nav jāizņem no slēguma

C No slēguma tiek izņemti neatbilstoši saslēgtie mērinstrumenti. Norādi visus iespējamos mērinstrumentus, kuru rādījumus var izmantot, lai noteiktu patērētāja R pretestību.

Atbilde: [1 p]

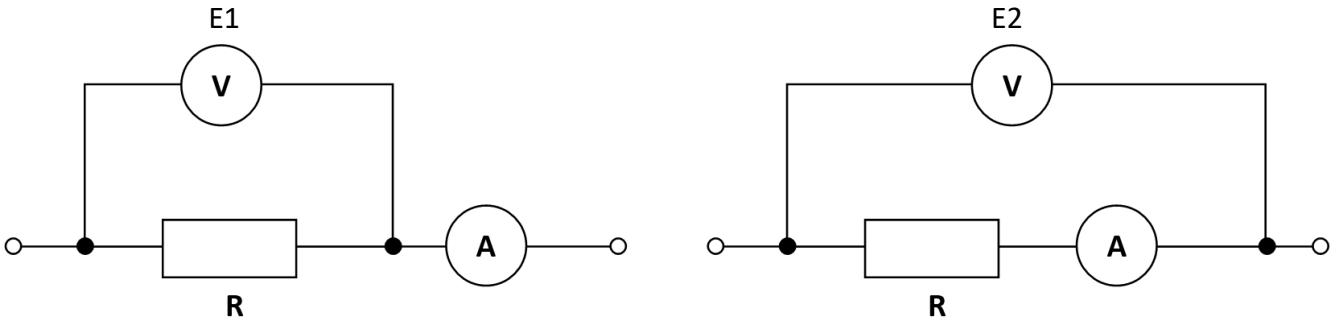
- A_1
- A_2
- A_3
- A_4
- V_1
- V_2
- V_3
- V_4

D No slēguma tiek izņemti neatbilstoši saslēgtie mērinstrumenti. Norādi visus iespējamos mērinstrumentus, kuru rādījumus var izmantot, lai noteiktu spuldzītes S pretestību.

Atbilde: [1 p]

- A_1
- A_2
- A_3
- A_4
- V_1
- V_2
- V_3
- V_4

2. Laboratorijā pieejamā ampērmetra pretestība ir daži omi, bet voltmetra – vairāki kiloomi. Lielais brālis saslēdza divus dažādus slēgumus E1 un E2 (skat. 153. att.) un pētīja, ar kuru slēgumu ir iespējams precīzāk (pēc iespējas tuvāk reālajai vērtībai) noteikt dažādu patērētāju atšķirīga lieluma pretestības.



153. att.

A Kurš no slēgumiem, jāizmanto patērētāja pretestības noteikšanai, ja zināms, ka patērētāja pretestības *R* lielums ir daži omi?

Atbilde: [1 p]

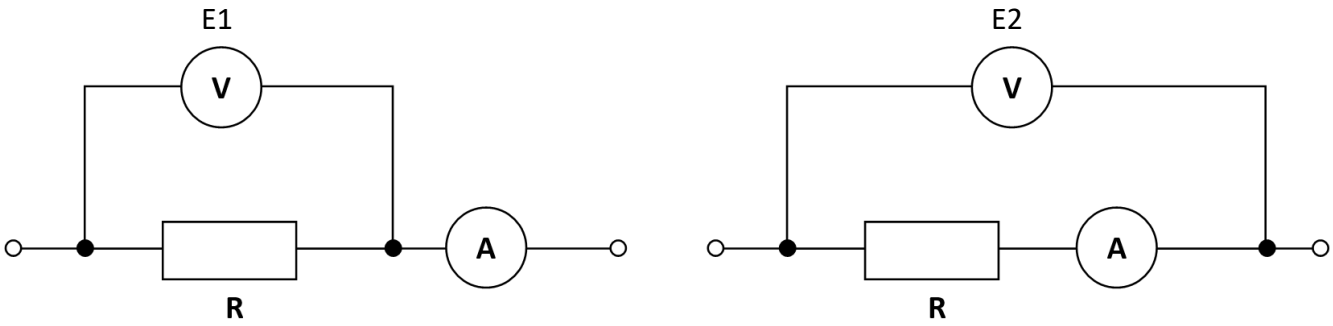
- E1
- E2
- abi slēgumi dos vienādu rezultātu

B Kurš no slēgumiem, jāizmanto patērētāja pretestības noteikšanai, ja zināms, ka patērētāja pretestības *R* lielums ir daži kiloomi?

Atbilde: [1 p]

- E1
- E2
- abi slēgumi dos vienādu rezultātu

3. Lai noteiktu patērētāja *R* pretestību, slēgumos E1 un E2 (skat. 154. att.) izmanto miliampērmetru, kura pretestība ir daži simti omu, un voltmetru, kura pretestība ir vairāki desmiti kiloomu (citas mērierīces nekā iepriekšējos jautājumos).



154. att.

Ja slēgumam E1 pieslēdz spriegumu *U*, tad voltmetra un miliampērmetra rādījumi attiecīgi ir U_1 = 9,6 V un I_1 = 12 mA. Pēc tam slēgumam E2 pieslēdz tikpat lielu spriegumu *U*, tad voltmetra un miliampērmetra rādījumi attiecīgi ir U_2 = 12 V un I_2 = 10 mA.

A Cik liels spriegums tika pieslēgts slēgumiem E1 un E2?

Atbilde: *U* = ☐ V **[1 p]**

B Cik liela ir miliampērmetra pretestība?

Atbilde: R_A = ☐ Ω **[1 p]**

C Cik liela ir patērētāja *R* pretestība?

Atbilde: *R* = ☐ kΩ **[1 p]**

D Kā mainīsies strāvas stiprums slēgumā E2 caur rezistoru *R*, ja no slēguma atslēgs ampērmetru, bet slēgumam būs pieslēgts tas pats spriegums *U*?

Atbilde: [1 p]

- palielināsies
- samazināsies
- nemainīsies

E Kā mainīsies strāvas stiprums slēgumā E1 caur ampērmetru, ja no slēguma atslēgs voltmetru, bet slēgumam būs pieslēgts tas pats spriegums *U*?

Atbilde: [1 p]

- palielināsies
- samazināsies
- nemainīsies

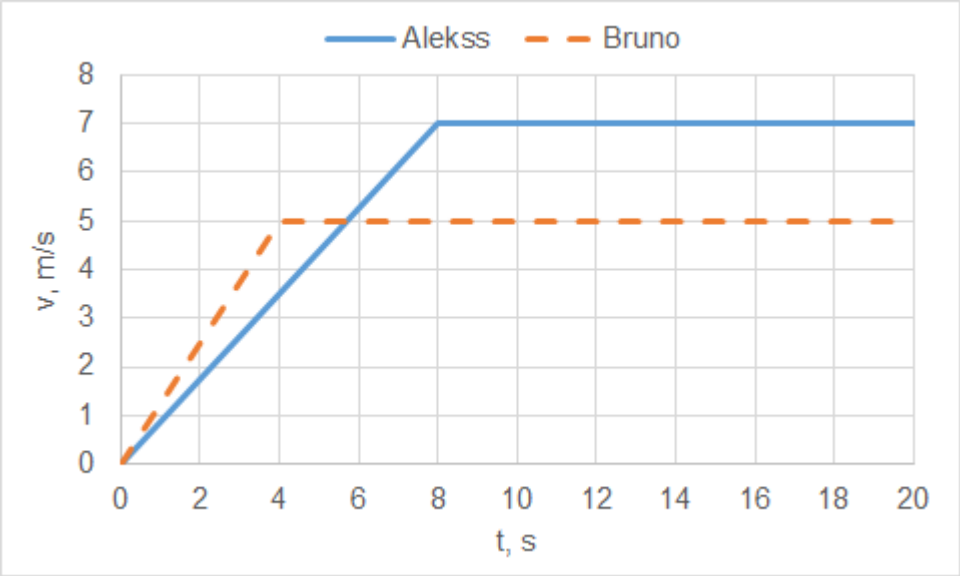
10. klase

N2019-10-1. FUTBOLA TRENIŅŠ

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Futbola spēlētāji Alekss un Bruno gatavojas 2022. gada Pasaules kausam Katarā. Spēlētajiem ir svarīga ne tikai tehnika un bumbas kontrole, bet arī viņu pašu ātrums un paātrinājums. Lai varētu pilnvērtīgāk sagatavoties, viņi uzaicināja īpašu treneri, kas treniņa laikā uzņēma spēlētāju ātruma maiņas grafikus laikā, spēlētajiem skrienot taisnā virzienā. Šajā uzdevumā tiks vienkāršoti apskatītas dažādas situācijas, kas var notikt futbolā laukumā.

Pievērsiet uzmanību: risinot katru uzdevuma apakšjautājumu, ir jāpieņem, ka spēlētāji Alekss un Bruno kustas tieši tā, kā attēlots 155. attēla grafikā.



155. att.

1.

A Kā kustas Alekss?

Atbilde: [0,5 p]

- vienmērīgi
- vienmērīgi paātrināti
- pirmo 8 s laikā – vienmērīgi, pēc tam vienmērīgi paātrināti
- pirmo 8 s laikā – vienmērīgi paātrināti, pēc tam vienmērīgi
- pirmo 8 s laikā – vienmērīgi, pēc tam apstājas
- pirmo 8 s laikā – vienmērīgi paātrināti, pēc tam apstājas

B Ja Alekss un Bruno uzsāk kustību vienlaicīgi no vienas un tās pašas vietas un abi skrien vienā virzienā, tad skrējiena laikā priekšā atrodas

Atbilde: [0,5 p]

- Alekss
- Bruno
- kādu laiku priekšā atrodas Alekss, pēc tam – Bruno
- kādu laiku priekšā atrodas Bruno, pēc tam – Alekss
- abi visu laiku skrien blakus

C Skrējiena laikā t = 10 s Aleksa un Bruno relatīvais ātrums vienam attiecībā pret otru (cik ātri viens attālinās no otra), ja abi skrien vienā virzienā ir _____ m/s **[0,5 p]** un tas skrējiena atlikušajā laikā

Atbilde: [0,5 p]

- palielinās
- samazinās
- nemainās
- nav iespējams noteikt

2. Pieņemsim, ka sākuma stāvoklī bumba atrodas tieši pa vidu starp abiem spēlētājiem. Bruno un Alekss uzsāk kustību vienlaicīgi un skrien bumbas virzienā. Kurš no spēlētajiem pirmais tiks līdz bumbai, ja

A sākuma stāvoklī attālums starp spēlētājiem L = 20 m un bumba nekustīgi stāv uz vietas?

Atbilde: [0,5 p]

- Alekss
- Bruno
- Abi tiks līdz bumbai vienlaicīgi
- to nav iespējams noteikt, izmantojot doto informāciju

B sākuma stāvoklī attālums starp spēlētājiem L = 80 m un bumba nekustīgi stāv uz vietas?

Atbilde: [0,5 p]

- Alekss
- Bruno
- Abi tiks līdz bumbai vienlaicīgi
- to nav iespējams noteikt, izmantojot doto informāciju

C sākuma stāvoklī attālums starp spēlētājiem L = 20 m un laika momentā, kad spēlētāji uzsāk kustību, bumba atrodas pa vidu starp spēlētājiem un vienmērīgi ripo ar ātrumu 0,5 m/s Aleksa virzienā?

Atbilde: [0,5 p]

- Alekss
- Bruno
- Abi tiks līdz bumbai vienlaicīgi
- to nav iespējams noteikt, izmantojot doto informāciju

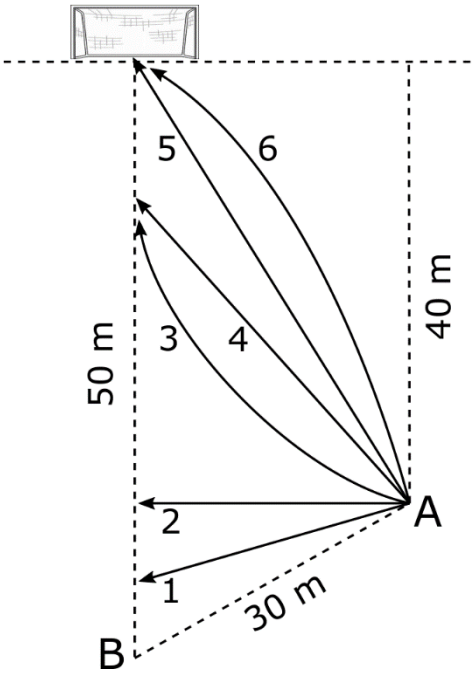
D sākuma stāvoklī attālums starp spēlētājiem ir *L*, bumba nekustīgi stāv uz vietas un viens no spēlētājiem sasniedz bumbu laikā *t* = 5 s?

Atbilde: [0,5 p]

- Alekss
- Bruno
- Abi tiks līdz bumbai vienlaicīgi
- to nav iespējams noteikt, izmantojot doto informāciju

3. Dažreiz spēles laikā notiek pretuzbrukumi, kad komanda, kas ilgu laiku atradās aizsardzībā, pārņem bumbu un uzsāk uzbrukumu. Abu komandu spēlētājiem šajā gadījumā ir jāsteidzas uz otru laukuma pusi. Attālums no aizsardzības zonas līdz uzbrukuma zonai ir 60 m. Alekss to var veikt ____ sekundēs**[1 p]**, bet Bruno ____ sekundēs. **[1 p]**

4. Bruno uzsāk kustību 50 m attālumā no vārtu līnijas, un skrien vārtu virzienā (sk. 156. att.). Var pieņemt, ka Bruno neredz Aleksi un tāpēc kustas pa taisnu līniju, neatkarīgi no Aleksa. Alekss atrodas 30 m attālumā no Bruno un 40 m attālumā no vārtu līnijas.



156. att.

A Pa kuru no trajektorijām ir jāskrien Aleksam, lai pēc iespējas ātrāk sasniegtu Bruno?

Atbilde: [0,5 p]

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

B Attālums no Bruno līdz vārtiem, kad Bruno skrien vārtu virzienā, kustības pirmajās 4 sekundēs mainās laikā atbilstoši vienādojumam (SI vienībās)

Atbilde: x = ____ + ____ t + ____ t^2 **[0,5 p]**

C Cik ilgs ir visīsākais laiks, kurā Alekss var sasniegt Bruno?

Atbilde: *t* = ☐ s **[1 p]**

Cik liels attālums ir jānoskrien Aleksam šajā gadījumā? **Atbilde:** d_A = ☐ m **[1 p]**

5. Alekss nejauši pārkāpa noteikumus, tāpēc tiesnesis piesprieda 11 m soda sitienu (to veic no punkta, kas atrodas 11 m attālumā no vārtiem). Bruno uzsita pa bumbu un tā lidoja tieši augšējā vārtu stūrī. Ir zināms, ka vārtsargs var paspēt noķert bumbu 1,2 s laikā. Ar kādu ātrumu jālido bumbai, lai vārtsargs nepaspētu to noķert un tā trāpītu vārtos? Var pieņemt, ka bumbas trajektorija ir taisne un bumbas ātrums lidojuma laikā nemainās. Vārtu platums ir 8 m un augstums ir 2 m.

Atbilde: Ātrumam ir jābūt lielākam par ☐ m/s **[1 p]**

N2019-10-2. ARHIMĒDS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Senās Grieķijas domātājs Arhimēds ir pētījis gan spēku, kas darbojas uz šķidrumos vai gāzēs esošiem objektiem, gan arī citas fizikas problēmas, ko apskatīsim šajā uzdevumā.

Brīvās krišanas paātrinājums g = 9,8 m/s^2. Ūdens blīvums $\rho_{ūd}$ = 1000 kg/m^3, zelta blīvums ρ_z = 19 300 kg/m^3, sudraba blīvums ρ_s = 10 500 kg/m^3. Pieņemt, ka π = 3,14 un ka metālu sakausējuma blīvums ir atsevišķo metālu blīvumu svērtais vidējais (t. i., kopējais tilpums ir atsevišķo tilpumu summa).

ZELTA KRONIS

Valdnieks reiz prasījis kalējam uztaisīt kroni no tīra zelta un sagādājis darbam nepieciešamo zeltu. Tomēr valdnieks pilnībā nav uzticējies kalējam, tādēļ vaicājis Arhimēdam noteikt, vai kronī nav iejaukts sudrabs, un to izdarīt, nesabojājot kroni.

1. Salīdzinot kroņa blīvumu ar zelta blīvumu, ir iespējams noteikt, vai kronis ir no tīra zelta vai nē.

A Lai noteiktu kroņa tilpumu, izmanto cilindrisku trauku ar ūdeni. Trauka rādiuss ir r = 15 cm. Pilnībā iemērcot kroni ūdenī, ūdens līmenis traukā palielinājās par Δh = 0,6 mm. Cik liels ir kroņa tilpums un blīvums, ja kroņa masa m_k = 600 g?

Atbilde: V_k = ☐ cm^3 **[0,5 p]** ρ_k = ☐ kg/m^3 **[0,5 p]**

B Kalējs, veidojot kroni, zeltam piejauca sudrabu. Kroņa tilpums V_k = 35 cm^3 (**vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās**), kroņa masa m_k = 600 g. Cik liela ir piejauktā sudraba masa kronī?

Atbilde: m_s = ☐ g **[1 p]**

2. Tā kā ūdens līmeņa izmaiņa, ieliekot kroni cilindrā, ir ļoti niecīga, tad šādā veidā noteikt, vai eksistē piejaukumi nav reāli. Var izmantot sviras svarus ar vienādiem pleciem. Uz svariem vienā pusē novieto kroni, otrā pusē to nolīdzsvaro ar tīra zelta stieņiem un visu šo konstrukciju pilnībā iegremdē traukā ar ūdeni.

A Kas notiktu ar svariem pēc to iemērkšanas ūdenī, ja kronis nebūtu no tīra zelta, bet ar sudraba piejaukumiem?

Atbilde: [1 p]

- Svaru kauss, kurā atrodas kronis, nolaistos uz leju, jo tam ir lielāks blīvums nekā zelta stieņiem.
- Svaru kauss, kurā atrodas kronis, nolaistos uz leju, jo uz to darbojas lielāks Arhimēda spēks nekā uz zelta stieņiem.
- Svari paliktu līdzsvarā.
- Svaru kauss, kurā atrodas zelta stieņi, nolaistos uz leju, jo uz tiem darbojas lielāks smaguma spēks nekā uz kroni.
- Svaru kauss, kurā atrodas zelta stieņi, nolaistos uz leju, jo uz tiem darbojas mazāks Arhimēda spēks nekā uz kroni.

Pieņemsim, ka 30% no kroņa masas ir aizvietota ar sudrabu un kronis tiek nolīdzsvarots uz svariem ar m_{zs} = 700 g zelta stieņu. Tad šī konstrukcija tiek pilnībā iemērkta ūdenī. Salīdzinot Arhimēda un smaguma spēkus, kas darbojas uz kroni un zelta stieņiem, iespējams noteikt, uz kuri pusi sasvērsies svari, un tas, savukārt, parāda, vai kronī ir mazāk blīvi piejaukumi vai nav.

B Cik liels smaguma spēks darbojas uz kroni?
Atbilde: F_{sm} = ☐ N **[1 p]**

C Cik liels Arhimēda spēks darbojas uz kroni?
Atbilde: F_{A1} = ☐ N **[1 p]**

D Cik liels Arhimēda spēks darbojas uz zelta stieņiem?
Atbilde: F_{A2} = ☐ N **[1 p]**

KUĢIS

Arhimēds esot bijis pirmais, kurš iedomājies izmantot vairākus trīšus kopā vienā sistēmā, lai palielinātu spēka ietaupījumu. Stāsta, ka viņš pat ir teicis, ka spētu pacelt jebkādu svaru, ja viņam dotu pietiekoši daudz trīšu. To izdzirdējis, valdnieks izaicinājis Arhimēdu izkustināt milzīgu kuģi pilnu ar pasažieriem un kravu.

Arhimēds, lai sevi lieki nenogurdinātu, negrasījās trīšu sistēmai pielikt vairāk par 200 N lielu spēku. Arhimēds esot izkustinājis kuģi bez īpašas piepūles, sēžot netālu no tā.

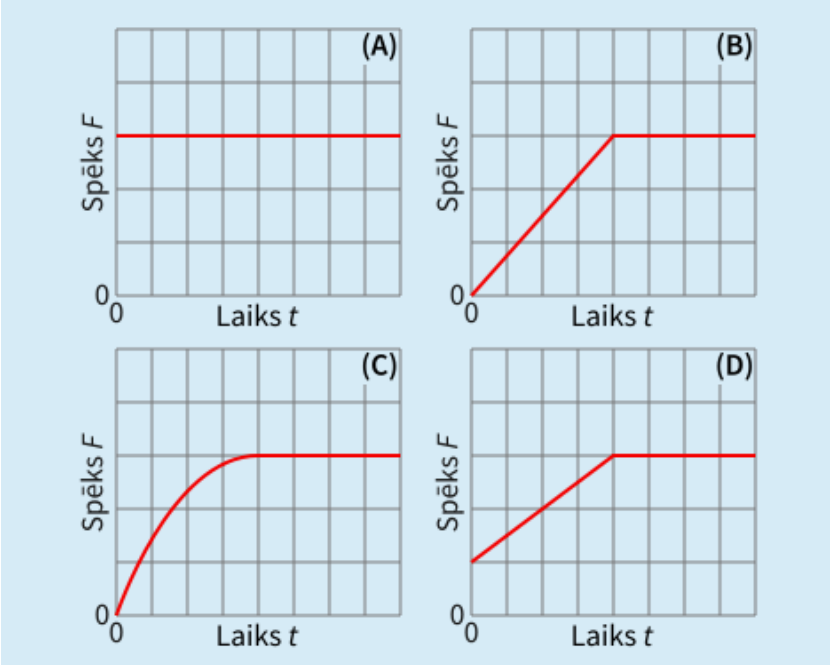
3. Kuģis kopā ar pasažieriem un kravu sver 500 tonnas, un tas novietots uz koka baļķiem (pieņemsim, ka tie neizkustas kuģa vilkšanas laikā). Miera berzes koeficients starp kuģi un koku μ = 0,5.

A Cik liels spēks horizontāli jāpieliek kuģim, lai to izkustinātu?
Atbilde: F_k = ☐ MN **[1 p]**

B Pieņemsim, ka kuģa izkustināšanai nepieciešamais spēks F_k = 3 MN (atšķiras no iepriekš aprēķinātās vērtības). Spēka ieguvums rāda, cik reizes mazāks spēks ir jāpieliek, izmantojot vienkāršo mehānismu, salīdzinot ar to pašu darbību, ja netiek izmantots vienkāršais mehānisms.

Cik liels ir mazākais nepieciešamais Arhimēda trīšu sistēmas spēka ieguvums, lai varētu izkustināt kuģi, ja trīšu sistēma pieliek spēku kuģim α = 20° leņķī pret horizontu?
Atbilde: n_{min} = ☐ reizes **[1 p]**

4. Kraujot kravu kuģī, viena kuba formas kravas kaste iekrita ūdenī. Kaste peld tā, ka kastes virspuse ir paralēla ūdens līmenim. Kasti ceļ ārā tieši uz augšu tā, ka kastes apakša atrodas paralēli ūdens virsmai. Pretestības spēkus neņemam vērā.



157. att.

A Kurš no 157. attēla grafikiem attēlo kā laikā mainās spēks, kas pielikts kastei, lai to vienmērīgi izceltu no ūdens ar mazu ātrumu?

Atbilde: [1 p] • A • B • C • D

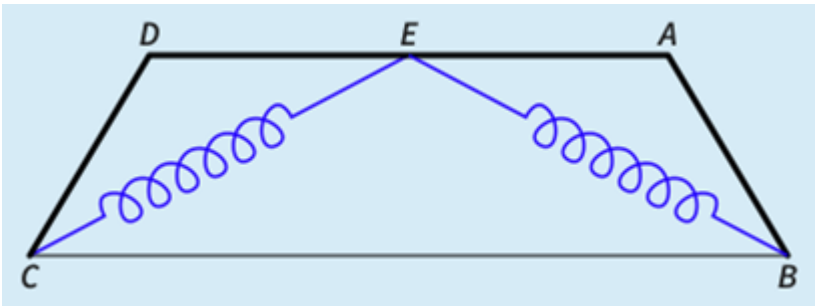
B Kurš no 157. attēla grafikiem attēlo kā laikā mainās spēks, kas pielikts kuģim, lai to vienmērīgi izceltu no ūdens ar mazu ātrumu? Pieņemsim, ka kuģa korpusa iegremdēto daļu var aptuveni uzskatīt par regulāru trijstūra prizmu, kuras ass ir horizontāla. Kuģi ceļ ārā tieši uz augšu.

Atbilde: [1 p] • A • B • C • D

N2019-10-3. LOKA ŠAUŠANA

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

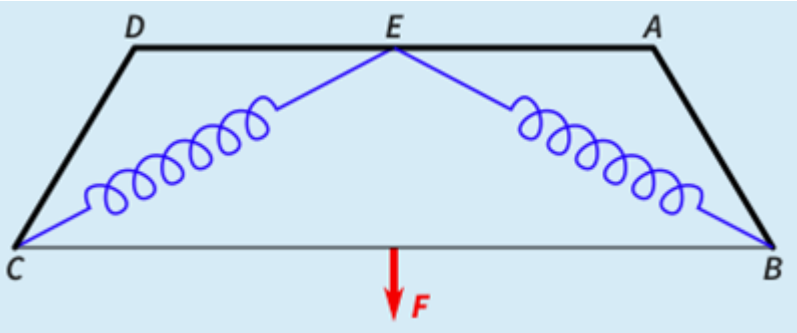
Aplūkosim vienkāršotu loka modeli, kuru veido trīs ar eņģēm savienoti stieņi, divas vienādas atsperes un aukla jeb stiegra (skat. 158. att.). Loka masu un berzi mehānismā neņemsim vērā.



158. att.

1.

A Ja loku (skat. 158. att.) aiz auklas viduspunkta sāk vilkt uz leju ar spēku *F* (skat. 159. att.), kurā virzienā būs vērsts auklas sastiepuma spēks punktā B?



159. att.

Atbilde: [1 p]

- Spēks būs vērsts pa auklu virzienā uz punktu C
- Spēks būs vērsts virzienā prom no punkta C
- Spēks būs vērsts tādā pašā virzienā kā spēks *F*
- Spēks būs vērsts pretēji spēka *F* virzienam
- Spēks būs vērsts ārā no loka plaknes

B Cik liels šajā gadījumā būs spēks punktā B, ja leņķis starp spēka *F* un punktā B esošā spēka virzienu ir φ?

Atbilde: [1 p]

- F
- F/2
- Fsinφ
- F/sinφ
- Fcosφ
- F/cosφ
- Fsin(φ/2)
- F/(2sinφ)
- Fcos(φ /2)
- F/(2cosφ)

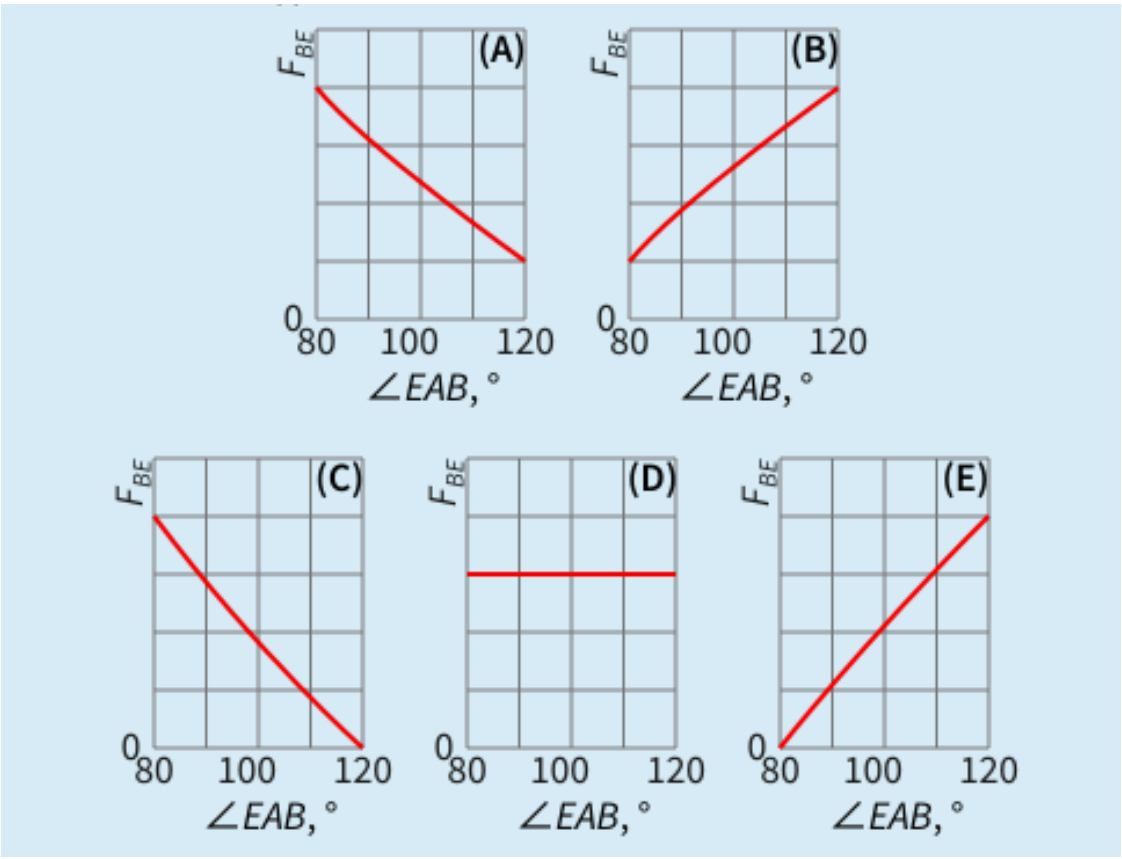
2. Kad ∠ BAE = ∠ EDC = 120°, tad rezultējošais spēks, kas darbojas uz atsperēm ir 0. Zināms, ka AB = AE = ED = DC = 0,3 m un atsperu stinguma koeficients *k* = 100 N/m.

A Cik liels spēks (pēc moduļa) darbojas uz katru atsperi, ja loks tiek atvilkts līdz ∠BAE = ∠EDC = 90°?

Atbilde: F = ☐ N **[1 p]**

B Kurā 160. attēla grafikā attēlota spēka, kas darbojas uz atsperi BE, atkarība no leņķa EAB?

Atbilde: [1 p] • A • B • C • D • E



160. att.

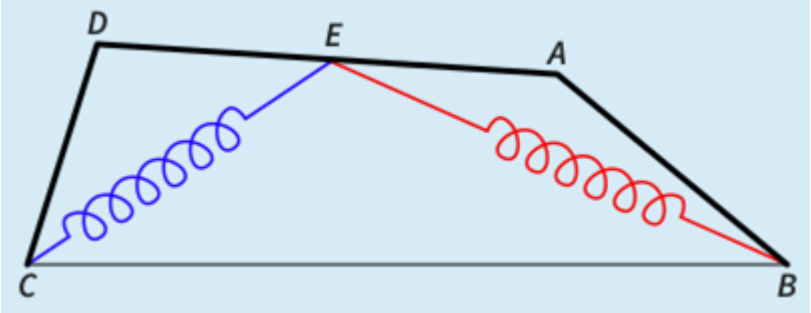
Izpētīsim, kā mainītos dažādi fizikālie raksturlielumi, ja mainītu kādus no loka parametriem.

3. Lai izgatavotu lielāku loku, visas loka detaļas palielina divas reizes un izvēlas atsperes, kuru stinguma koeficients arī ir divas reizes lielāks nekā oriģinālajam lokam (skat. 158. att.). Kā mainīsies spēks, kas darbojas uz atsperēm, ja visi leņķi lielajā lokā ir tikpat lieli kā leņķi oriģinālajā lokā?

Atbilde: [1 p] Spēks

- Palielināsies 2 reizes
- Samazināsies 2 reizes
- Nemainīsies
- Palielināsies 4 reizes
- Samazināsies 4 reizes

4. Aplūkosim situāciju loka konstrukcijai (skat. 161. att.), kur vienai no atsperēm stinguma koeficients ir lielāks nekā otrai.



161. att.

A Zināms, ka attālumi AB = AE = ED = DC un abu atsperu sākotnējie garumi nedeformētā stāvoklī ir vienādi. Kurai no atsperēm stinguma koeficients ir lielāks?

Atbilde: [1 p]

- BE
- CE
- Abām atsperēm vienāds
- To nav iespējams noteikt

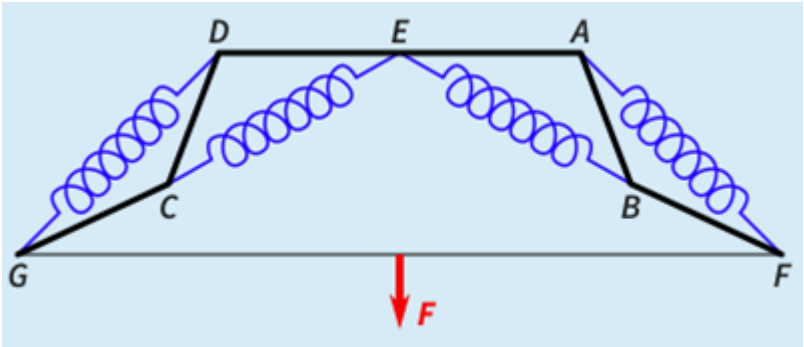
B Pieņemsim, ka spēki, kas darbojas uz abām atsperēm ir vienādi. Atsperes EC stinguma koeficients k_1 = 100 N/m un atsperes BE stinguma koeficients ir k_2 = 50 N/m, AB = AE = ED = DC = 0,3.

Kad leņķi EAB un EDC ir vienādi, auklu, kas atrodas starp punktiem B un C, nomaina pret nedaudz garāku auklu. Kā mainīsies leņķu EAB un EDC lielumi?

Atbilde: [1 p]

- Leņķi EAB un EDC palielinātos par vienādu leņķi
- Leņķis EAB palielinātos vairāk nekā leņķis EDC
- Leņķis EDC palielinātos vairāk nekā leņķis EAB
- Leņķis EAB palielinātos, bet leņķis EDC samazinātos
- Leņķis EDC palielinātos, bet leņķis EDC samazinātos

5. Loka šaušanā izmanto arī rekursīvos jeb olimpiskos lokus. Izpētīsim šādu loku, izmantojot vienkāršotu modeli (skat. 162. att.).



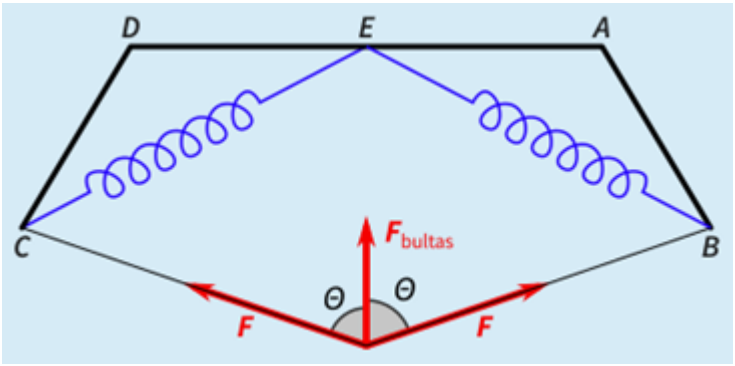
162. att.

Pieņemsim, ka loks tiek atvilkts aiz auklas viduspunkta uz leju. Kuras atsperes tiks saspiestas un kuras izstieptas?

Atbilde: [1 p]

- Visas izstieptas
- AF un DG izstieptas, EB un EC saspiestas
- AF un DG saspiestas, EB un EC izstieptas
- Visas saspiestas

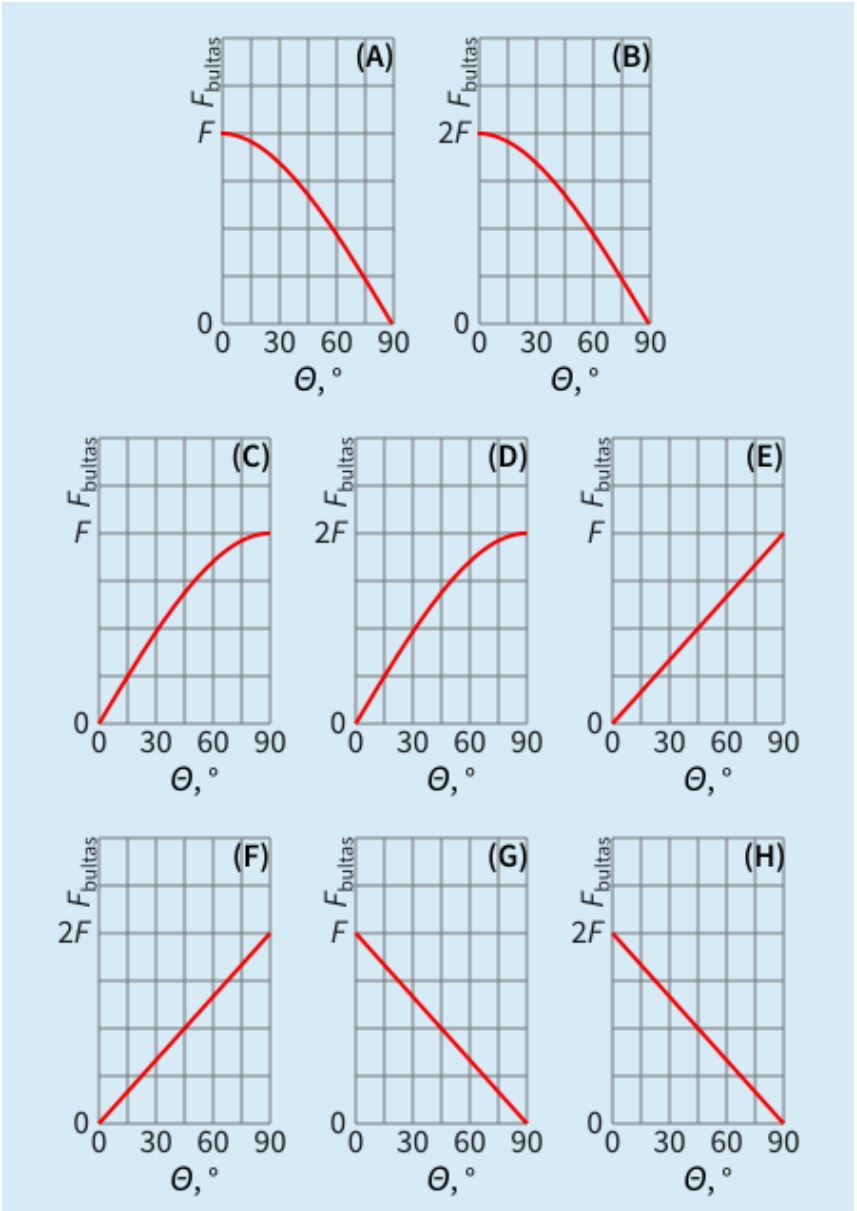
6. Izpētīsim, kāds būs spēks, kas darbosies uz bultu atvilktā lokā (skat. 163. att.).



163. att.

Kurš 164. attēla grafiks raksturo spēka F_{bultas} atkarību no leņķa Θ?

Atbilde: [1 p] • A • B • C • D • E • F • G • H



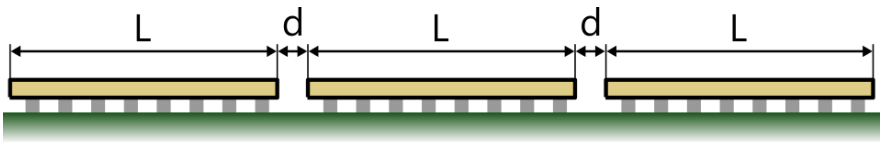
164. att.

11. klase

N2019-11-1. TERMISKĀ IZPLEŠANĀS DAŽĀDĀS SITUĀCIJĀS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

1. Dzelzceļa vienas tērauda sliedes garums pie temperatūras $t_0 = 20$ °C ir $L_0 = 15$ m, šķērsgriezuma laukums $S = 3000$ mm^2. Sliedes novietotas tā, ka spraugas platums d starp divām blakus esošām sliedēm ir vienāds (skat. 165. att.). Ir paredzēts, ka sliedes ekspluatēs temperatūru intervālā no $t_1 = -40$ °C līdz $t_2 = 40$ °C, turklāt pie $t = t_2$ sliedes saskaras (spraugas garums ir nulle). Tērauda lineārās termiskās izplešanās koeficients $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ 1/°C, Junga modulis $E = 200$ GPa. Risinot uzdevumu, pieņemt, ka α nav atkarīgs no temperatūras.



165. att.

A Cik liels ir vilciena ātrums, ja tā riteņi iebrauc spraugās ik pēc $\tau = 0{,}8$ s? Pieņemt, ka $t = t_0$ un spraugas garums ir daudz mazāks par sliedes garumu.

Atbilde: v = ☐ km/h **[0,5 p]**

B Cik liels ir spraugas garums d_0 temperatūrā t_0?

Atbilde: d_0 = ☐ mm **[1 p]**

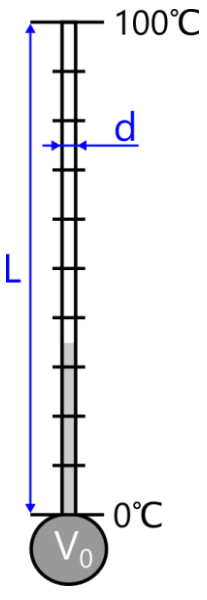
C Cik liels ir sliedes stinguma koeficients temperatūrā t_0?

Atbilde: k = ☐ N/m **[1 p]**

D Cik liels mehāniskais spriegums darbosies uz sliedi pie $t_3 = 45$ °C, ja stinguma koeficients $k = 7 \cdot 10^7$ N/m (atšķiras no iepriekšējā punktā aprēķinātā)? Pieņemt, ka spraugas garums ir nulle un sliedes neizliecas, bet paliek taisnas.

Atbilde: σ = ☐ MPa **[1 p]**

2. Dzīvsudraba termometrs sastāv no stikla baloniņa, kurā iepildīts dzīvsudrabs, un caurulītes, kurā nonākušais dzīvsudrabs parāda temperatūru atbilstoši pievienotajai skalai (skat. 166. att.).



166. att.

Caurulītes iekšējais diametrs $d = 0{,}1$ mm, dzīvsudraba tilpuma termiskās izplešanās koeficients $\beta = 182 \cdot 10^{-6}$ 1/°C. Termometrs ir paredzēts temperatūru mērīšanai no $t_1 = 0$ °C līdz $t_2 = 100$ °C, dzīvsudraba tilpums temperatūrā $t = t_1$ ir $V_0 = 37$ mm^3 un masa $m = 0{,}5$ g.

Risinot uzdevumu, stikla termisko izplešanos un kapilaritātes efektus neievērot un pieņemt, ka β nav atkarīgs no temperatūras.

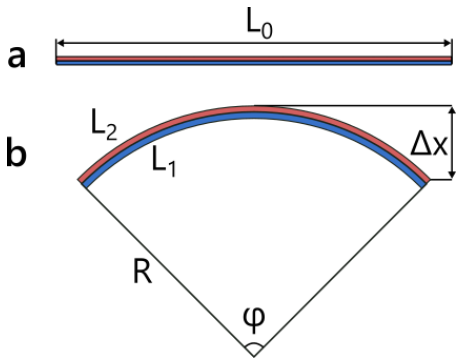
A Cik liels ir termometra skalas garums L?
Atbilde: L = ☐ mm **[1 p]**

B Cik liels ir dzīvsudraba blīvums temperatūrā $t = t_1$?
Atbilde: ρ = ☐ kg/m^3 **[0,5 p]**

C Cik liela ir dzīvsudraba masa temperatūrā $t = t_2$?
Atbilde: m = ☐ g **[0,5 p]**

D Dzīvsudrabs ir toksisks, tāpēc tā vietā bieži lieto etanolu (spirtu) ar $\beta_{spirts} = 750 \cdot 10^{-6}$ 1/°C. Cik lielu maksimālo temperatūru var ar to izmērīt, ja parametri L, V_0 un d paliek nemainīgi?
Atbilde: t = ☐ °C **[1 p]**

3. Bimetāla plāksnīte ir izveidota no divām vienāda garuma metāla plāksnītēm, kas sametinātas kopā (skat. 167.a att.). Katras plāksnītes sākotnējais garums L_0 = 80 mm, biezums h = 0,4 mm. Pirmā plāksnīte izgatavota no tērauda ar $\alpha_1 = 12 \cdot 10^{-6}$ 1/°C savukārt otra – no misiņa ar $\alpha_2 = 19 \cdot 10^{-6}$ 1/°C. Bimetāla plāksnīti uzkarsē par Δt = 120 °C (attēls 167.b), kā rezultātā tā pieņem riņķa līnijas loka formu. Risinot uzdevumu, pieņemt, ka α nav atkarīgs no temperatūras.



167. att.

A Cik liela ir abu plāksnīšu garumu starpība $L_2 - L_1$?
Atbilde: $L_2 - L_1$ = ☐ mm **[0,5 p]**

B Cik liels ir leņķis φ un bimetāla plāksnītes liekuma rādiuss R, ja plāksnīšu garumu starpība $L_2 - L_1$ = 0,09 mm (atšķiras no iepriekšējā punktā aprēķinātā)?
Atbilde: φ = ☐ ° **[1 p]**
Atbilde: R = ☐ mm **[1 p]**

C Cik liels ir bimetāla plāksnītes izliekums Δx, ja R = 400 mm un φ = 10° (atšķiras no iepriekšējā punktā aprēķinātiem)?
Atbilde: Δx = ☐ mm **[1 p]**

N2019-11-2. KATAPULTAS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Senajos laikos cietokšņu aplenkumos tika izmantotas akmeņu metamās ierīces – katapultas. Tās izmantoja, ne tikai, lai cietokšņa sienas bombardētu ar akmeņiem, bet arī – lai cietokšņa iekšpusē iemestu degošu munīciju u.tml.

1. Katapulta atrodas uz līdzena lauka un tā met akmeņus ar ātrumu v_0 = 70 m/s leņķī α = 30° pret horizontu. Akmens lidoja t = 6,7 s ilgu laiku līdz sadūrās ar sienu.

Pieņemsim, ka akmens sāk lidojumu no zemes līmeņa (katapultas augstumu un garumu var uzskatīt par neievērojami mazu). Gaisa pretestību neievērot. Brīvās krišanas paātrinājums $g = 9{,}8$ m/s^2.

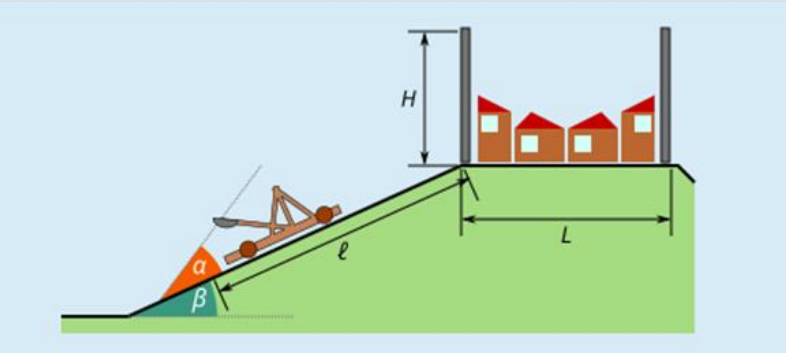
A Pēc cik ilga laika akmens nokristu uz zemes, ja tas lidojumā nesadurtos ar sienu?
Atbilde: t = ☐ s **[1 p]**

B Cik tālu no katapultas atrodas siena?
Atbilde: L = ☐ m **[1 p]**

C Cik lielā augstumā virs zemes akmens sadūrās ar sienu?
Atbilde: h = ☐ m **[1 p]**

D Katapulta ir būvēta tā, ka var izmest akmeņus leņķī pret horizontu, kas ir robežās no 5° līdz 35°. Cik lielā leņķī (ievērojot dotās robežas) jāmet akmens, lai tas aizlidotu vistālāk? Akmens tiek mests ar vienu un to pašu ātrumu.
Atbilde: α = ☐ °. **[1 p]**

2. Cietokšņi parasti tika būvēti uzkalnu virsotnēs (skat. 168. att.). Katapulta atrodas attālumā $l = 230$ m no cietokšņa, mērot pa uzkalnu. Uzkalna slīpums $\beta = 40°$. Katapulta met akmeņus ar ātrumu $v = 70$ m/s. Cietokšņa priekšējās un aizmugurējās sienas augstums ir $H = 7$ m. Cietokšņa garums $L = 60$ m.



168. att.

A Katapultas mestais akmens ietriecās cietokšņa priekšējā sienā augstumā $h = 5$ m virs cietokšņa pamatnes. Ar cik lielu ātrumu akmens ietriecās sienā?
Atbilde: v_1 = ☐ m/s **[1 p]**

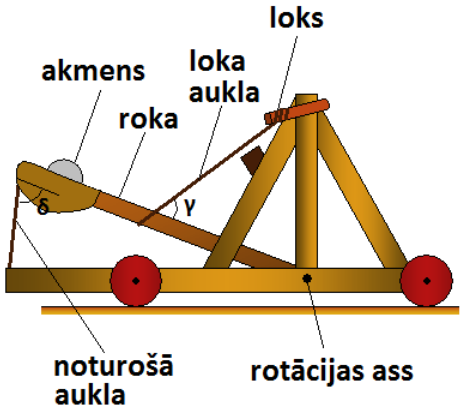
B Katapulta met degošu munīciju, lai trāpītu cietokšņa iekšienē. Sienu biezumu uzskatīt par neievērojami mazu. Munīcija vienmēr tiek mesta leņķī $\alpha = 20°$ attiecībā pret zemi. Kādās robežās drīkst mainīt munīcijas izmešanas ātrumu, lai tā trāpītu iekšā cietoksnī?
Atbilde: v_{min} = ☐ m/s **[1 p]**; v_{max} = ☐ m/s **[1 p]**

3. Katapultas akmeņu palaišanas mehānismā (skat. 169. att.) loku, kas palaiž katapultas roku, var modelēt kā atsperi ar stinguma koeficientu $k = 2720$ kN/m un sākuma deformāciju $x = 0{,}5$ m (tad, kad katapulta atrodas attēlā redzamajā stāvoklī).

Akmens masa ir $m_1 = 30$ kg. Katapultas masa, neskaitot akmeni $m_2 = 800$ kg. Leņķis starp katapultas roku un loka auklu $\gamma = 60°$. Leņķis starp noturošo auklu un katapultas roku $\delta = 80°$. Katapultas rokas garums $L_1 = 2{,}5$ m. Loka aukla aizķer katapultas roku $L_2 = 1{,}5$ m attālumā no rotācijas ass. Katapulta atrodas uz līdzena lauka.

A Cik liels ir teorētiski maksimālais ātrums, ar kuru šis mehānisms var aizsviest akmeni? Teorētiski maksimālo ātrumu atrast, pieņemot, ka akmens saņem visu katapultas loka enerģiju.

Atbilde: v_{teor} = ☐ m/s **[1 p]**



169. att.

B Cik liels ir sastiepuma spēks auklā, kas notur katapultas roku? Zināms, ka kopējais katapultas rokas un akmens smaguma spēka moments ap rotācijas asi ir M = 180 N·m.

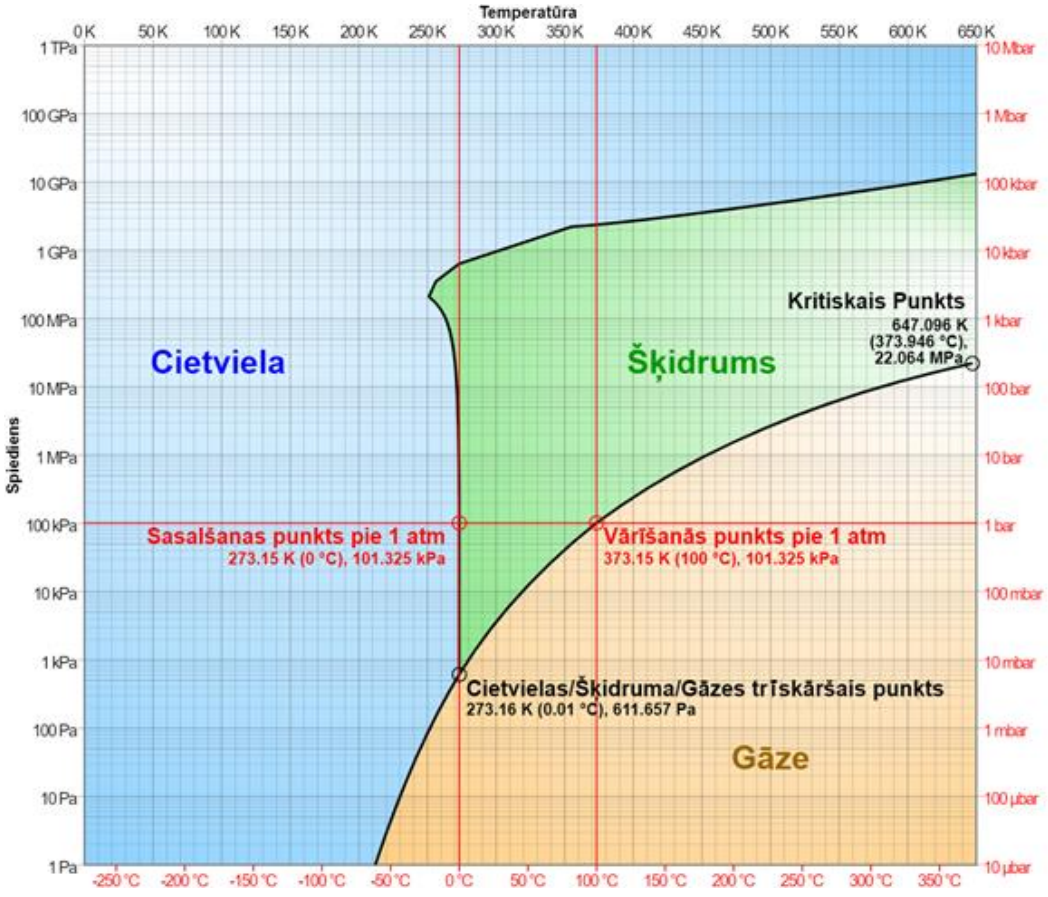
Atbilde: F_s = ☐ kN **[1 p]**

C Pēc akmens palaišanas katapulta nedaudz pakustas atpakaļ. Ar cik lielu ātrumu katapulta kustas akmens palaišanas brīdī, ja akmens tika izsviests leņķī α = 30° pret horizontu ar ātrumu v_0 = 70 m/s?

Atbilde: v = ☐ m/s **[1 p]**

N2019-11-3. ŪDENS IZTVAIKOŠANA ZEMĀ SPIEDIENĀ

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.



170. att.

Uzdevumā apskatīsim kā mainās ūdens īpašības pie dažādiem spiedieniem. Gan teorētiski, gan eksperimentāli ir noteikts kādā fāzē (ledus, šķidrs ūdens, tvaiks) atradīsies ūdens pie noteikta atmosfēras spiediena un temperatūras. Šī informācija ir apkopota fāžu diagrammā (skat. 170. att.).

Tajā var redzēt, ka atmosfēras spiedienā (100 kPa) ūdens sasalst 0 °C temperatūrā un iztvaiko 100 °C temperatūrā. Tikpat labi var redzēt, ka ūdens vārīšanās temperatūra pazeminās pie zemākiem spiedieniem un pie pavisam maziem spiedieniem (<1 kPa – tuvu nullei) ūdens var pastāvēt tikai cietā un gāzveida stāvoklī. Šī atziņa tiks pielietota tālākajos jautājumos.

Ūdens īpatnējā siltumietilpība ir 4200 J/(kg·°C). Ledus īpatnējā siltumietilpība ir 2200 J/(kg·°C). Ūdens īpatnējais kušanas siltums ir $3{,}34 \cdot 10^5$ J/kg. Ūdens īpatnējais iztvaikošanas siltums ir $22{,}6 \cdot 10^5$ J/kg. Šo vērtību atkarību no spiediena un temperatūras nav jāievēro. Aprēķinos pieņemt, ka $\pi = 3{,}14$.

1. Viena no jomām, kurā tiek pielietotas ūdens īpašības ir kulinārija.

A Kāds spiediens ir jāuztur noslēgtā katlā, lai ātrāk pagatavotu ēdienu (ātrāk pievadītu siltumu)?
Atbilde: [0,5 p]

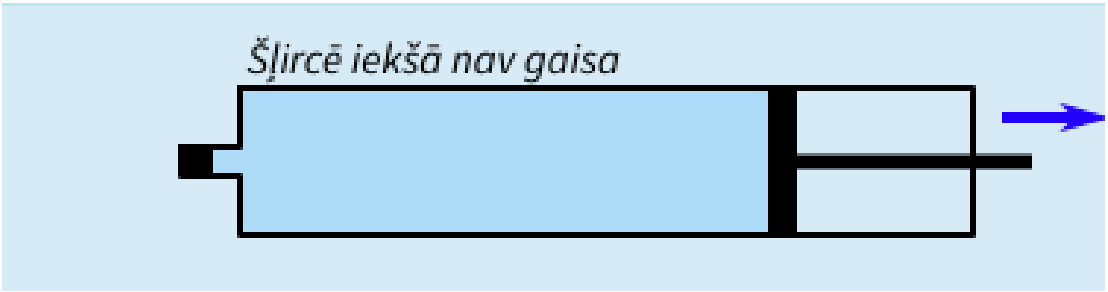
- Zemāks par atmosfēras spiedienu
- Vienāds ar atmosfēras spiedienu
- Augstāks par atmosfēras spiedienu.

B Kāds gāzes process notiek, pieņemot, ka gāzes daudzums nemainās un ka katls netiek deformēts?
Atbilde: [0,5 p]

- Izotermisks
- Izohorisks
- Izobārisks

2. Lai darbotos ar nelielu daudzumu ūdens, izmanto šļirci, kuras diametrs D = 3 cm. Ūdens vārīšanās spiediens istabas temperatūrā $p_{vār}$ = 2500 Pa.

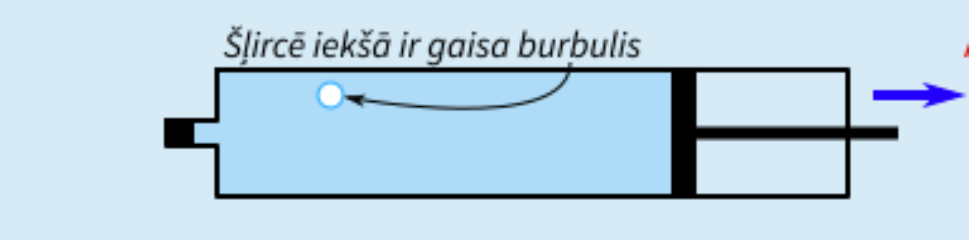
Šļircē tiek iesūkts nedaudz ūdens un tā tiek noslēgta tā, ka tajā nepaliek iekšā gaiss (skat. 171. att.). Ar cik lielu minimālu spēku ir jāvelk šļirces virzulis, lai šļircē esošais ūdens sāktu vārīties?



171. att.

Atbilde: F_{min} = ☐ N **[1 p]**

3. Šļircē tiek iesūkts nedaudz ūdens. Papildus tam šļircē iekšā atrodas gaisa burbulis, kura tilpums atmosfēras spiedienā ir V_1 = 1 ml un tā temperatūra ir vienāda ar istabas temperatūru t_0 = 21 °C. Šļirces diametrs ir D = 3 cm. Ūdens vārīšanās spiediens $p_{vār}$ = 2500 Pa. Šļirce tiek noslēgta (skat. 172. att.).



172. att.

A Ja šļirces virzulis tiek vilkts ļoti lēni, tad var pieņemt, ka gaisa burbulim ir pietiekami daudz laika, lai tā temperatūra izlīdzinās ar apkārtējās vides temperatūru. Par cik lielu attālumu ir jāatvelk šļirces virzulis, lai ūdens sāktu vārīties šādā izotermiskā procesā?

Atbilde: *l* = ☐ cm **[1 p]**

B Cik liels ir gaisa burbuļa tilpums, kad ūdens sāk vārīties?

Atbilde: V_2 = ☐ ml **[1 p]**

C Ja šļirces virzulis tiek vilkts ātri, tad var pieņemt, ka gaisa burbulis apkārtējai videi nepaspēj atdot siltumenerģiju. Šajā gadījuma norisinās adiabātisks process. Par cik lielu attālumu ir jāatvelk šļirces virzulis, lai ūdens sāktu vārīties šādā adiabātiskā procesā. Gaisa temperatūra mainīsies, bet tas neietekmēs ūdens temperatūru un ūdens vārīšanās spiedienu, jo gaisa burbulis ir salīdzinoši ļoti mazs.

Gāzes procesus, kuros nenotiek siltumapmaiņa starp gāzi un ārējo vidi, bet gāze veic darbu, mainot savu tilpumu, sauc par **adiabātiskiem** procesiem un tos apraksta ar vienādojumu:

$$p_1 V_1^{\gamma} = p_2 V_2^{\gamma}$$

kur γ ir konstante. Gaisam γ = 1,4, kas ir noteikts teorētiski un eksperimentāli.

Atbilde: *l* = ☐ cm **[1 p]**

D Cik liels ir gaisa burbuļa tilpums, kad ūdens sāk vārīties C jautājumā aprakstītajā situācijā?

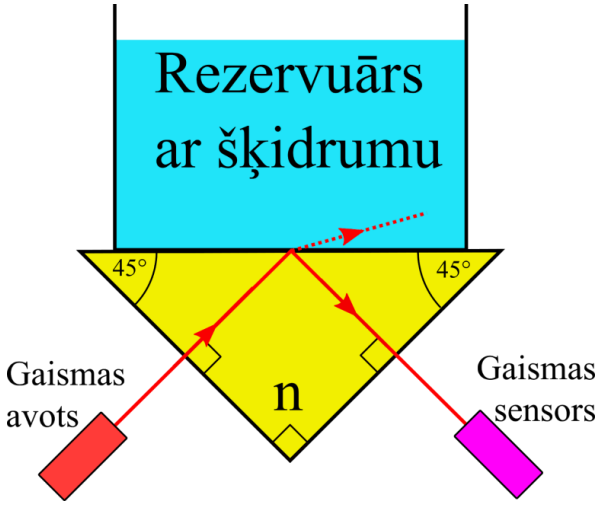
Atbilde: V_2 = ☐ ml **[1 p]**

12. klase

N2019-12-1. GAISMAS SENSORS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Zīmējumā (173. att.) redzamā iekārta var palīdzēt noteikt vai, piemēram, no veļasmašīnas ir izsūknēts viss ūdens. Iekārta sastāv no vienādsānu taisnleņķa prizmas ar laušanas koeficientu *n*, gaismas avota un gaismas sensora, kā arī ūdens rezervuāra.

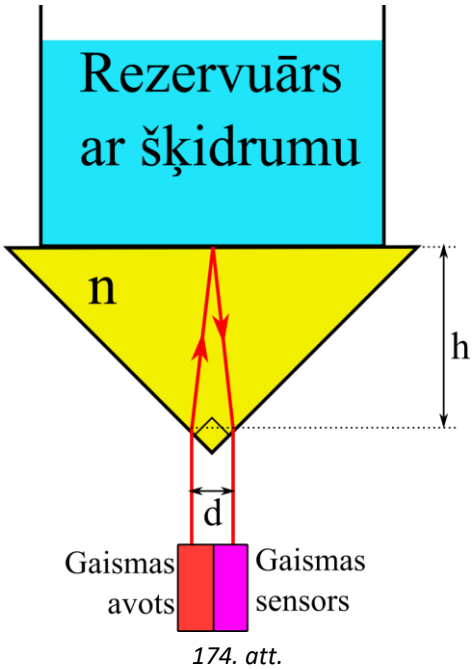


173. att.

Iekārtas darbības princips ir tāds, ka tajā brīdī, kad rezervuārā ir ūdens, ļoti mazs gaismas daudzums atstarojas no robežvirsmas starp ūdeni un prizmu ar laušanas koeficientu *n*. Bet tajā gadījumā, kad rezervuārā nav ūdens, visa gaisma atstarojas no robežvirsmas un nonāk gaismas sensorā.

1. Cik lielam jābūt prizmas vielas gaismas laušanas koeficientam *n*, lai šāda iekārta strādātu aprakstītajā veidā, ja ūdens gaismas laušanas koeficents ir 1,33? Var pieņemt, ka gaisma krīt perpendikulāri prizmas sānu virsmai (kā redzams 173. att.). Iespējamas vairākas pareizās atbildes. **Atbilde: [1 p]**

- Lielākam par 1,33
- Mazākam par 1,33
- Lielākam par 1,88
- Mazākam par 1,88
- Lielākam par 1,41
- Mazākam par 1,41
- Sistēma strādās pie jebkuras n vērtības, kas lielāka par 1



174. att.

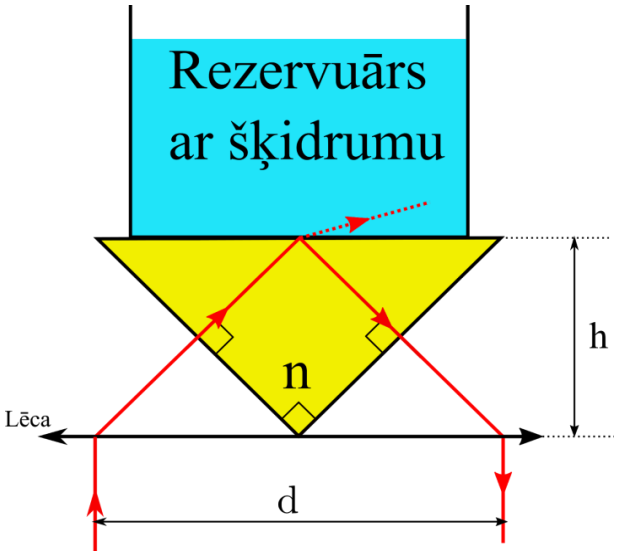
2. No tehniskā viedokļa šāds ūdens līmeņa sensors aizņems mazāk vietas, ja gaismas avots un gaismas sensors būs iebūvēti vienā iekārtā. Tādā gadījumā no gaismas avota izejošajam staram un gaismas sensorā nonākušajam staram jābūt paralēliem (skatīt 174. att.).

Ja prizma ir veidota no materiāla ar gaismas laušanas koeficientu *n* = 1,5, cik liels ir attālums starp paralēlajiem stariem *d*? Pieņemt, ka gaisma atstarojas no prizmas augšējās virsmas, kā parādīts attēlā. Attālums no prizmas augšējās virsmas līdz vietai, kur gaisma ieiet un iziet no prizmas, ir *h* = 5 cm (skatīt 174. att.).

Atbilde: *d* = ☐ cm **[1 p]**

3. Iepriekš apskatītajā gadījumā gaisma neatstarosies no prizmas augšējās virsmas pat, ja tur būtu gaiss, tāpēc šāda konstrukcija nav izmantojama vēlamajam mērķim. Lai pagrieztu gaismas starus, izmantosim lēcu.

Ja plānu lēcu novieto tieši zem prizmas, tad ir iespējams panākt, ka no gaismas avota izejošais stars un gaismas sensorā ieejošais stars ir paralēli un šie stari netiek lauzti uz prizmas sānu virsmas (tie ir perpendikulāri sānu virsmai) (skatīt 175. attēlu).



175. att.

A Cik lielam jābūt lēcas fokusa attālumam, lai iegūtu, ka ieejošais un izejošais gaismas stari ir paralēli dotajam lēcas novietojumam, ja attālums no prizmas augšējās virsmas līdz lēcai ir h = 6 cm?

Atbilde: F = ☐ cm **[1 p]**

B Cik liels būs attālums d starp paralēlajiem stariem šajā situācijā?

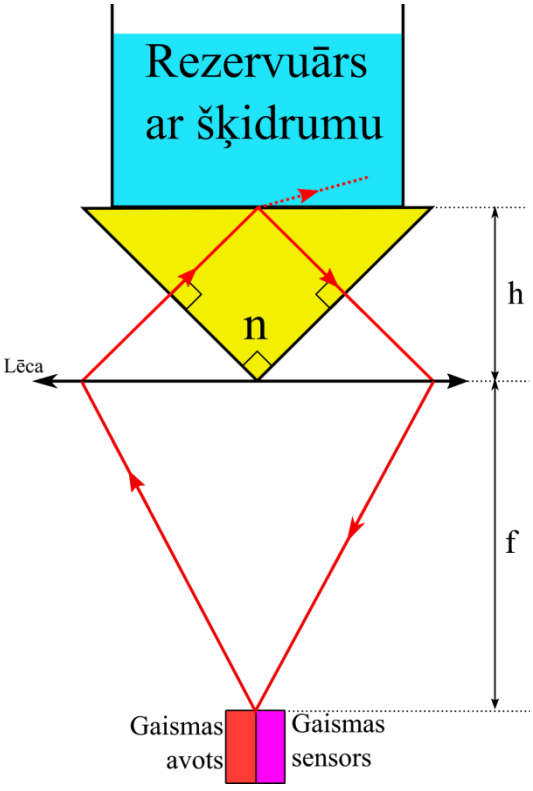
Atbilde: d = ☐ cm **[1 p]**

4. Diemžēl šis attālums starp paralēlajiem stariem ir daudz lielāks par attālumu starp gaismas avotu un gaismas sensoru, kas iebūvēti vienā iekārtā, tāpēc izmantosim citu lēcu, lai vairāk fokusētu starus.

A Cik lielam jābūt lēcas fokusa attālumam, lai, to novietojot attālumā h = 6 cm no prizmas augšējās virsmas, iegūtu, ka no gaismas avota izejošais stars un gaismas sensorā nonākošais (ienākošais) stars krustotos attālumā f = 24 cm no lēcas (skat. 176. att.)?

Atbilde: F = ☐ cm **[1 p]**

Lai panāktu, ka izejošais un ienākošais stars ir paralēli, izmantosim izkliedētājlēcu. Zināms, ka f = 24 cm, h = 6 cm un attālums starp ieejošo un izejošos staru savācējlēcā ir d_0 = 12 cm (skat. 177. att.).



176. att.

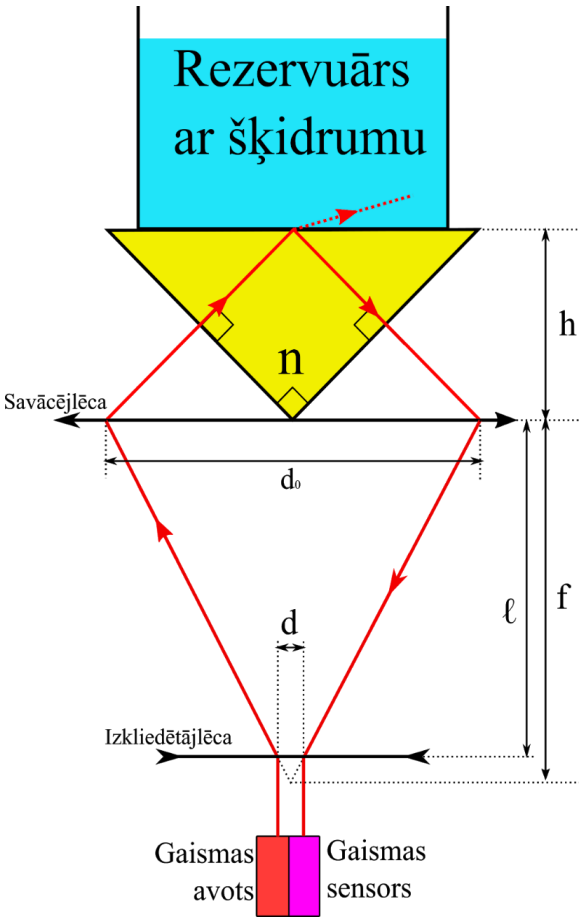
B Cik lielam jābūt izkliedētājlēcas attālumam ℓ no savācējlēcas, ja izkliedētājlēcas fokusa attālums ir F = 1,2 cm?

Atbilde: ℓ = ☐ cm **[0,5 p]**

C Cik liels būs attālums d starp paralēlajiem stariem šajā gadījumā (skat. 177. att.)?

Atbilde: d = ☐ cm **[0,5 p]**

5. Esam uzbūvējuši sistēmu pēc dotā parauga (skat. 177. att.) un aprēķiniem, bet kā jau tas parasti notiek, sistēma uzreiz nestrādā, jo izmantotajiem elementiem atrašanās vietā ir nelielas novirzes no teorētiski aprēķinātajām vērtībām. Mēģināsim paredzēt, kas sistēmā mainīsies kustinot sistēmas elementus!



177. att.

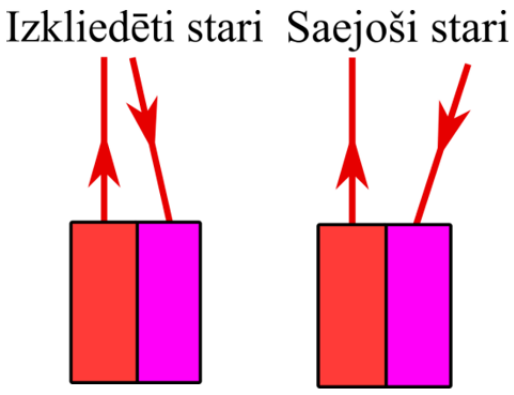
Tālākajos jautājumos var pieņemt, ka nedaudz mainot konfigurāciju, stari joprojām netiek lauzti uz prizmas sānu virsmām (īsajām malām).

Par izkliedētu ienākošo gaismas staru sauksim to, kurš attālinās no izejošā gaismas stara, palielinot sensora attālumu no lēcas, bet par saejošu ienākošo gaismas staru sauksim to, kurš pietuvinās izejošajam gaismas staram, palielinot sensora attālumu no lēcas (skat. 178. att.).

A Ja visi elementi atrodas pareizās vietās tikai prizma tiek pārbīdīta nedaudz pa labi, tad ienākošais gaismas stars

Atbilde: [1 p]

- paliek paralēls izejošajam staram un pārvietojas pa labi
- paliek paralēls izejošajam staram un pārvietojas pa kreisi
- kļūst saejošs
- kļūst izkliedēts
- paliek paralēls izejošajam staram un nepārvietojas



178. att.

B Ja visi elementi atrodas pareizās vietās, tikai prizma (kopā ar rezervuāru) tiek pārbīdīta nedaudz uz augšu, tad ienākošais gaismas stars

Atbilde: [1 p]

- paliek paralēls izejošajam staram un pārvietojas pa labi
- paliek paralēls izejošajam staram un pārvietojas pa kreisi
- kļūst saejošs
- kļūst izkliedēts
- paliek paralēls izejošajam staram un nepārvietojas

C Ja visi elementi atrodas pareizās vietās tikai savācējlēcu pārvieto nedaudz pa labi, tad ienākošais gaismas stars

Atbilde: [1 p]

- paliek paralēls izejošajam staram un pārvietojas pa labi
- paliek paralēls izejošajam staram un pārvietojas pa kreisi
- kļūst saejošs
- kļūst izkliedēts
- paliek paralēls izejošajam staram un nepārvietojas

D Ja visi elementi atrodas pareizās vietās tikai izkliedētājlēcu pārvietoto nedaudz uz augšu, tad ienākošais stars

Atbilde: [1 p]

- paliek paralēls izejošajam staram un pārvietojas pa labi
- paliek paralēls izejošajam staram un pārvietojas pa kreisi
- kļūst saejošs
- kļūst izkliedēts
- paliek paralēls izejošajam staram un nepārvietojas

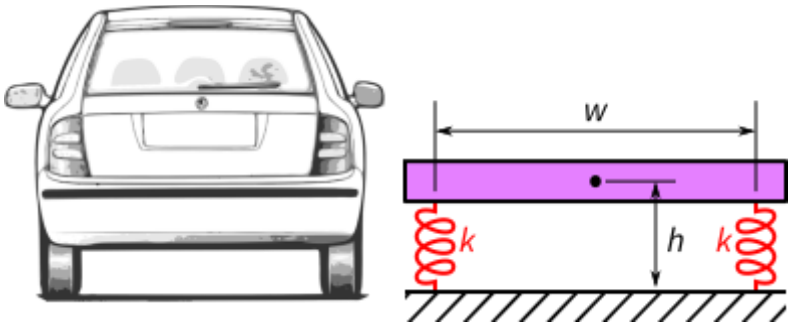
N2019-12-2. BEDRES

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Braucot ar automašīnu pa ceļu, var daudz kas gadīties. Šajā uzdevumā apskatīsim, ko varētu darīt vadītājs, ja pēkšņi sev priekšā uz šaura ceļa pamana bedri, bet nobremzēt pirms tās vairs nesanāk.

Uzdevumu risinot, pieņemiet, ka mašīnai ir 4 riteņi, tās masa ir m = 1,00 t, amortizatoru atsperu stinguma koeficients ir k = 176 N/cm, brīvās krišanas paātrinājums ir g = 9,8 m/s².

Visa uzdevuma garumā modelēsim automašīnu kā smagu plāksni uz četrām vieglām atsperēm (skat. 179. att.).



179. att.

1.

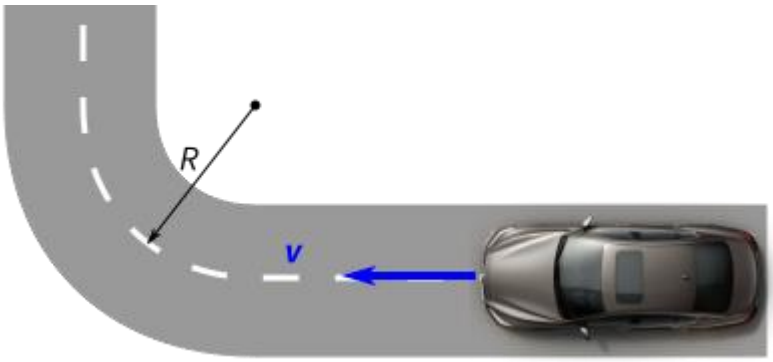
A Cik liels elastības spēks darbojas katrā atsperē, ja mašīna stāv uz horizontāla ceļa?

Atbilde: F = ☐ kN **[1 p]**

B Par cik lielu attālumu ir saspiesta katra atspere?

Atbilde: Δx = ☐ cm **[1 p]**

2. Automašīna sāk kustēties, paātrinās un iebrauc pagriezienā pa labi, kura liekuma rādiuss ir R = 40,0 m, ar nemainīgu ātrumu v = 50,0 km/h (skat. 180. att.).



180. att.

A Cik liels centrbēdzes spēks darbojas uz automašīnu pagriezienā, pieņemot, ka riepas neizslīd un ka mašīnu var uzskatīt par masas punktu?

Atbilde: F_{cb} = ☐ kN **[1 p]**

B Uz kuru automašīnas pusi darbojas lielāks centrbēdzes spēks, ja automašīnu vairs neuzskata par masas punktu?

Atbilde: [0,5 p]

- uz kreiso
- uz labo
- uz abām pusēm vienādi

C Nosakiet sekojošo spēku radīto momentu zīmes rotācijai attiecībā pret mašīnas masas centru automašīnai pagriezienā (skat. 180. att.), skatoties uz to no aizmugures (ņemiet vērā, ka pozitīva zīme atbilst rotācijai pretēji pulksteņrādītāja virzienam):

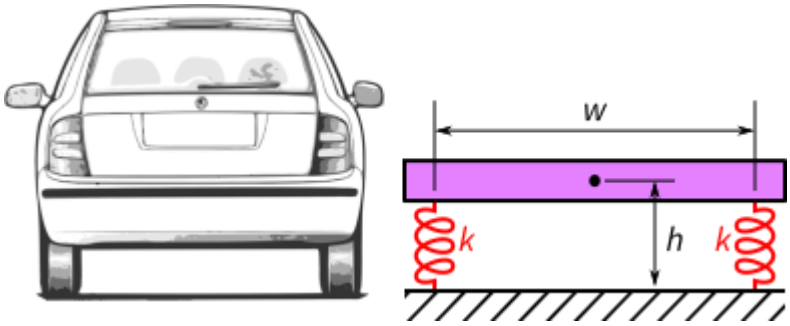
Atbilde: [5 x 0,4 p]

Spēki	"+"	"–"	0
smaguma spēks			
berzes spēki, kas darbojas uz automašīnas labās puses riteņiem			
berzes spēki, kas darbojas uz automašīnas kreisās puses riteņiem			
ceļa reakcijas spēki, kas darbojas uz automašīnas labās puses riteņiem			
ceļa reakcijas spēki, kas darbojas uz automašīnas kreisās puses riteņiem			

3. Uzdevumu risinot tālāk, pieņemsim, ka attālums starp automašīnas labajiem un kreisajiem riteņiem ir w = 1,40 m un mašīnas masas centrs atrodas augstumā h = 50,0 cm (skat. 181. att.). Automašīna brauc pagriezienā pa labi, kura liekuma rādiuss ir R = 40,0 m, ar nemainīgu ātrumu v = 50,0 km/h.

A Cik liela ir visu berzes spēku kopsumma, kas darbojas uz riteņiem?

Atbilde: F_b = ☐ kN **[1 p]**



181. att.

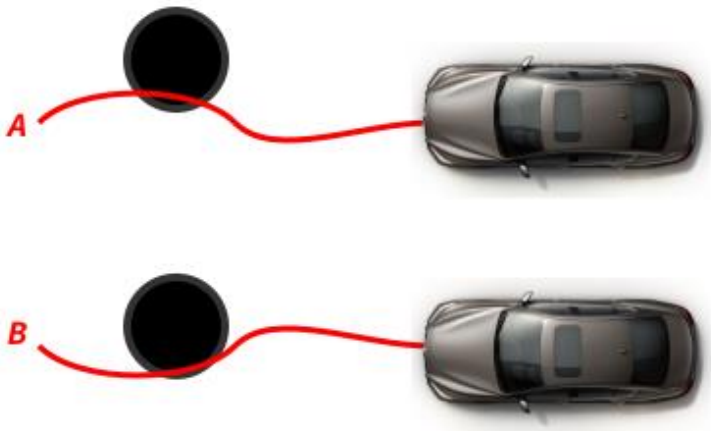
B Cik liela ir visu elastības spēku kopsumma, kas darbojas uz automašīnas labās puses riteņiem pagriezienā, t. i. pagrieziena iekšpusē (skat. 180. un 181. att.)?

Atbilde: F = _____ kN **[1 p]**

C Cik liela ir augstumu starpība starp mašīnas kreiso un labo malu?

Atbilde: Δx = _____ cm **[1 p]**

4. Atgriežoties pie uzdevuma galvenās problēmas – ko darīt, ja bedri pamana pārāk vēlu, lai paspētu nobremzēt pirms tās — apskatīsim vienu no iespējamiem variantiem. Piebraucot pie bedres, stūre ir krasi jāpagriež uz vienu pusi un uzreiz pēc tam — krasi uz otru pusi. Tādējādi var panākt, ka ritenis, kas atradīsies virs bedres, „pārlidos“ tai pāri (182. att.).



182. att.

A Cik lielam ir jābūt otrā pagrieziena maksimālajam rādiusam, lai riteņi, kas atradīsies bedres pusē, atrautos no zemes un pārlidotu bedrei pāri? Mašīna kustas ar ātrumu v = 50 km/h.

Atbilde: R_{max} = _____ m **[1 p]**

B Kādā veidā ir jāapbrauc bedre iepriekšējā (A) punktā apskatītajā situācijā, lai automašīnas riteņi, kas atradīsies virs bedres, pārlidotu bedrei pāri (skat. 182. att.)?

Atbilde: [0,5 p]

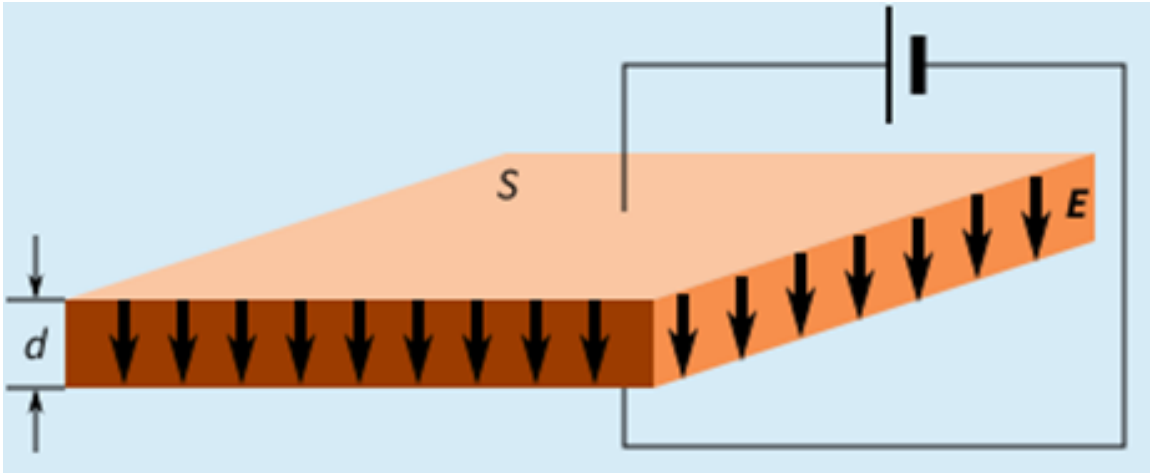
- A
- B
- gan A, gan B

N2019-12-3. METĀLU VADĪTSPĒJA

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Šajā uzdevumā apskatīsim vienkāršotu modeli metālu elektrovadītspējai. Elektronu kustība metālā ir haotiska un tos var uzskatīt par ideālu gāzi.

Metāla elektrisko pretestību raksturo vidējais laiks τ starp divām secīgām elektrona sadursmēm ar kristālrežģi. Šo parametru sauc par relaksācijas laiku. Pēc katras sadursmes elektrona ātruma lielums un virziens kļūst pilnīgi nejaušs (ar nulles vidējo vērtību). Starp sadursmēm visi elektroni vienmērīgi paātrinās ārējā elektriskā lauka *E* ietekmē. Elektriskās strāvas stiprumu nosaka laikā vidējais vektoriālais kustības ātrums elektriskā lauka virzienā v_{vid}.



183. att.

1. Apskatīsim eksperimentu, kurā vara plāksnītei pievienojam divus elektrodus, spriegums *U* starp kuriem ir 1 μV. Vara plāksnītes augstums ir *d* = 1 cm (skat. 183. att.). Elektrona lādiņš ir $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, elektrona masa ir $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg.

A Cik liela ir elektriskā lauka intensitāte *E* vara plāksnītes iekšienē?
Atbilde: *E* = ☐ V/m **[1 p]**

B Cik lielu paātrinājumu elektriskais lauks piešķir elektroniem vara plāksnītes iekšienē?
Atbilde: *a* = ☐ m/s^2 **[1 p]**

C Cik liels ir vidējais vektoriālais elektronu ātrums v_{vid} starp divām secīgām sadursmēm, ja $\tau = 3 \cdot 10^{-14}$ s?
Atbilde: v_{vid} = ☐ m/s **[1 p]**

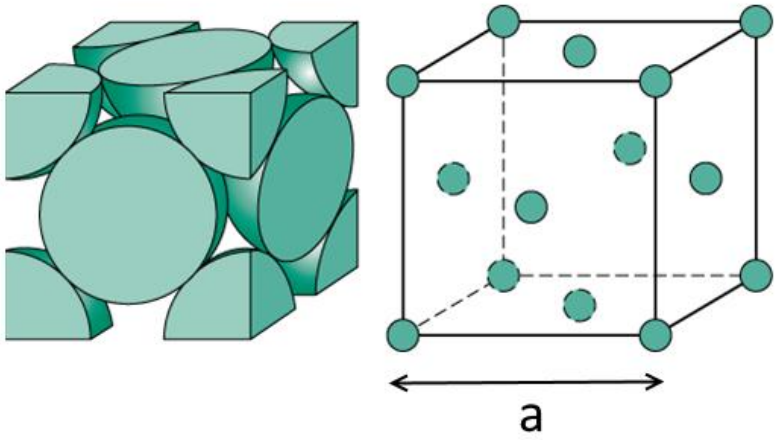
D Pie kādas citas sprieguma vērtības, vidējais elektronu ātrums materiālā ir $v_{vid} = 10^{-6}$ m/s (vērtība nesakrīt ar iepriekšējā punktā aprēķināto). Pieņemot, ka relaksācijas laika vērtība vēl joprojām ir $\tau = 3 \cdot 10^{14}$ s, cik liela siltuma jauda *P* izdalās uz vienu elektronu vara plāksnītē?
Atbilde: *P* = ☐ W **[1 p]**

E Ja pieliktais spriegums būtu divreiz lielāks, bet relaksācijas laiks būtu divreiz mazāks, tad siltuma jauda, kas izdalās plāksnītē, būtu

Atbilde: [1 p]

- divas reizes lielāka
- divas reizes mazāka
- četras reizes lielāka
- četras reizes mazāka
- tāda pati

2. Vara kristālrežģa kubiskajā šūnā vara atomi atrodas katrā kuba stūrī, kā arī katras skaldnes centrā (skat. 184. att.- kreisajā pusē vara kristālrežģa kubiskā šūna, labajā pusē – atomu centru izvietojuma shematisks attēlojums).



184. att.

Garuma mērvienība, kuru lieto, lai aprakstītu attālumus mikropasaulē un kas ir salīdzināma ar atoma izmēriem ir **angstrēms** (Å). 1Å = 10^{-10} m. Elektronu koncentrācija n ir brīvu elektronu skaits materiāla tilpuma vienībā.

A Lodveida atomu modelī, kas attēlots zīmējumā (184. att.) pa kreisi, viena atoma rādiuss ir r = 1,3 Å. Cik gara ir šūnas mala a?

Atbilde: a = _____ Å **[1 p]**

B Katrs vara atoms vadītspējai atdod divus valences elektronus. Cik liela ir elektronu koncentrācija n?

Atbilde: n = _____ $1/m^3$ **[1 p]**

C Pieņemot, ka elektronu koncentrācija ir $n = 6 \cdot 10^{28}$ m^{-3} un vidējais ātrums ir $v_{vid} = 10^{-6}$ m/s (šīs vērtības var atšķirties no iepriekšējos uzdevuma punktos aprēķinātajām!), aprēķini, cik stipra strāva plūst caur vara plāksnīti. Spriegums starp elektrodiem U = 1 μV. Vara plāksnītes augstums ir d = 1 cm un šķērsgriezuma laukums S = 30 cm^2 (skat. 183. att.). Pēc šiem datiem aprēķini, cik liela ir vara īpatnējā pretestība?

Atbilde: I = _____ A; **[1 p]** ρ = _____ Ω·m **[1 p]**

D Ja elektronu kustības ātrums būtu divas reizes lielāks, bet elektronu koncentrācija vara plāksnītē – divas reizes mazāka, tad elektronu skaits, kas laika periodā Δt izplūdīs caur plāksnītes šķērsgriezumu salīdzinājumā ar iepriekš apskatīto situāciju (jautājumā 2C) būs

Atbilde: [1 p]

- divas reizes lielāks
- divas reizes mazāks
- četras reizes lielāks
- četras reizes mazāks
- tāds pats

9. klase

V2019-9-1. TOUR DE FRANCE

Tour de France ir pasaulē pazīstamākās daudzdienu velosacensības, kas parasti notiek 21 dienu, un dalībniekiem jāveic ap 3200 kilometriem. Katrā komandā ir deviņi velobraucēji, kuriem ir atļauts palīdzēt viens otram. Katru komandu automašīnā pavada komandas menedžeris un mehāniķi, lai palīdzētu velobraucējiem tehnisku problēmu gadījumā.

Ārvalstu komandu sastāvā šajās sacensībās ir piedalījušies vairāki Latvijas riteņbraucēji. Latvijas labākais sasniegums ir Pjotra Ugrjumova 1994. gadā izcīnītā otrā vieta kopvērtējumā.

A Riteņbraucēji, gatavojoties sacensībām, brauc pa garu taisnu šoseju un mainās vietām, kādu brīdi kolonas priekšā ir viens riteņbraucējs, pēc tam nākamais un tad atkal cits. Kādā brīdī Toms, Raivis un Ivars izvietojušies viens aiz otra 60 m attālumā, kā redzams 185. attēlā**.**

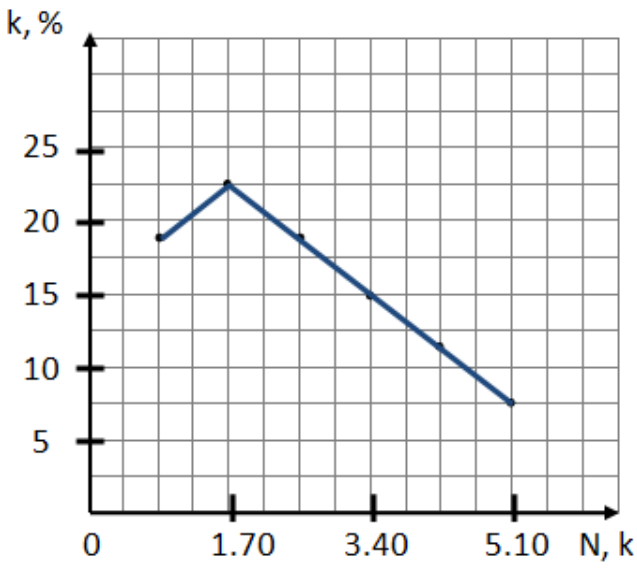
185. att.

Ivara ātrums ir 16 m/s, Raivja ātrums – 12 m/s, bet Toma ātrums – 10 m/s. Ivara un Raivja ātrums turpmāk aplūkotās kustības laikā nemainās.

A1 Nosakiet īsāko attālumu starp pirmo un pēdējo riteņbraucēju turpmākās kustības laikā. Kurš no riteņbraucējiem atrodas kolonas priekšgalā un kurš kolonas aizmugurē brīdī, kad attālums starp pirmo un pēdējo kolonas riteņbraucēju ir vismazākais? **[2,5 p]**

A2 Cik liels būtu īsākais attālums starp pirmo un pēdējo kolonas riteņbraucēju, ja Toma ātrums arī būtu 12 m/s? **[1 p]**

B Riteņbraucēju komandu pavadošās automašīnas masa kopā ar tehniķiem un rezerves daļām ir 2800 kg. Auto dzinēja lietderības koeficienta k atkarība no jaudas, N, ir redzama 186. attēla grafikā.



186. att.

Cik litrus benzīna uz 100 km automašīna patērēja 2018. gada *Tour de France* pirmajā posmā 201 km garumā, braucot ar konstantu ātrumu un ceļā pavadot 4,5 h? Benzīna īpatnējais sadegšanas siltums $q = 4{,}6 \times 10^7$ J/kg. Benzīna blīvums ir $0{,}7 \times 10^3$ kg/m^3. Pretestības koeficients – pretestības spēka un automašīnas svara attiecība ir $\boldsymbol{\mu} = 0{,}01$. **[6,5 p]**

V2019-9-2. BLĀVAIS ATSPULGS

Attēli, kur veikt konstrukcijas, ir doti uz atsevišķas lapas. Viena lapa paredzēta melnrakstam, otra tīrrakstam.

Automašīnas atpakaļskata (salona) spogulim ir dienas un nakts režīms, ko pārslēdz ar speciālu kloķi. Šajā uzdevumā apskatīsim tā darbības principus un izpētīsim, kādā veidā spogulis naktī pasargā autovadītāju no apžilbšanas, ko var izraisīt aizmugurē braucošo auto gaismas.

A Uzzīmēt, kā jāpagriež spogulis 187. attēlā parādītajā situācijā, lai vadītājs tajā redzētu atstaroto staru. Cik liels ir stara krišanas leņķis skaitliski, ja vadītājs redz atstaroto staru? Pieņemt, ka spogulis ir vertikāls. **[2 p]**

B Uzzīmēt, kādā intervālā būtu jāsēž autovadītājam 188. attēlā parādītajā situācijā, lai redzētu abus aizmugurē braucoša auto lukturus vienlaicīgi. Krēslu var bīdīt tikai uz priekšu un atpakaļ pa raustīto līniju. Pieņemt, ka spogulis ir vertikāls. **[2 p]**

C Gaismas staram pārejot no vides ar laušanas koeficientu n_1 vidē ar laušanas koeficientu n_2, atstarotās gaismas daļu aprēķina kā

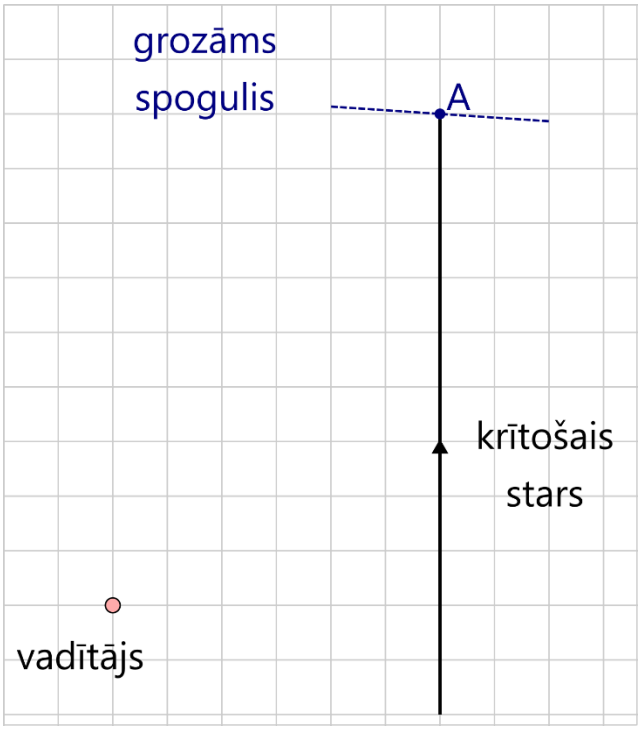
$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2$$

Zināms, ka no gaiss-stikls robežvirsmas atstarojas R = 4% gaismas. Aprēķināt stikla laušanas koeficientu, ja gaisa laušanas koeficients ir 1. **[2 p]**

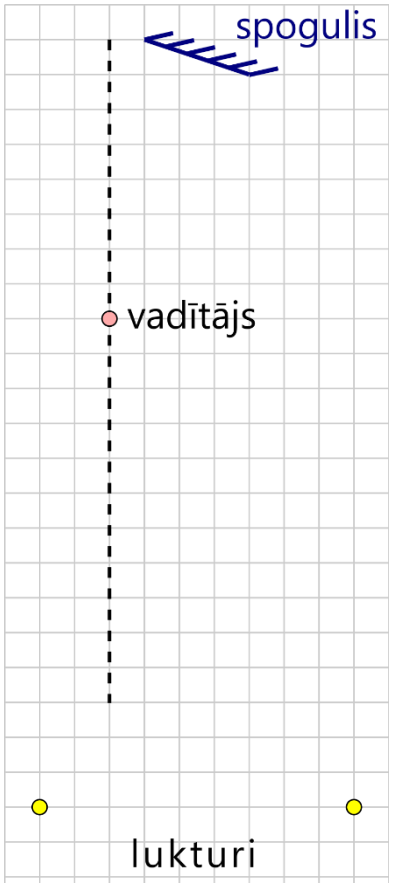
D Atpakaļskata spogulis sastāv no stikla ķīļa, kas piestiprināts pie spoguļa, skat. 189. attēlu. No gaiss-stikls robežvirsmas atstarojas R = 4% gaismas, savukārt no spoguļa atstarojas visa uz to krītošā gaisma.

Uzzīmēt staru gaitu situācijās 189a, 189b un 189c, novērtēt staru intensitāti (cik liels ir stara stiprums, salīdzinot ar krītošo staru) un izskaidrot spoguļa nakts režīma darbības principu.

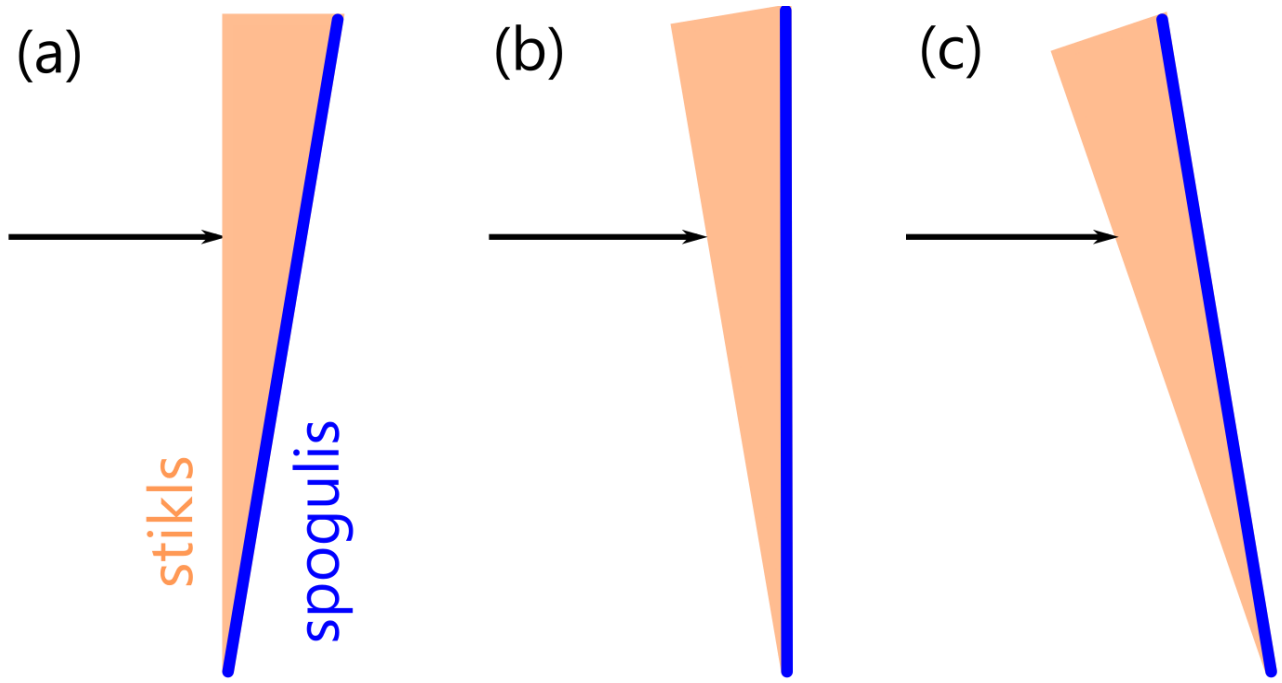
Norādījumi: zīmējot staru gaitu, pieņemt, ka gaismas stari stiklā nelūst (krišanas leņķis vienāds ar laušanas leņķi); zīmēt tikai tos starus, kuru intensitāte ir lielāka par 1% no krītošā stara intensitātes. Vadītāja acis atrodas vienā līmenī ar krītošo staru (krītošais stars jau ir uzzīmēts 189. attēlā). **[4 p]**



187. att. Skats no augšas. Spoguli var griezt ap punktu A.



188. att. Skats no augšas. Vadītāja krēslu var bīdīt tikai uz priekšu un atpakaļ pa raustīto līniju.



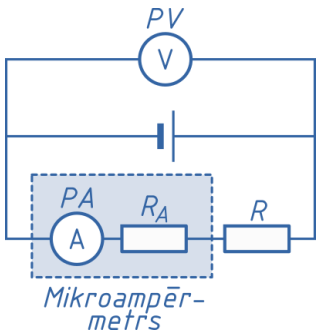
189. att. Skats no sāniem. Visās situācijās vadītāja acis atrodas vienā līmenī ar uzzīmēto krītošo staru.

V2019-9-3. SPRIEGUMS, STRĀVA, PRETESTĪBA

Lai mērītu strāvas stiprumu, spriegumu un pretestību, laboratorijā lieto trīs atsevišķus mērinstrumentus: ampērmetru, voltmetru un ommetru, attiecīgi. Tomēr var gadīties, ka jums pie rokas ir tikai mikroampērmetri un kaudze ar rezistoriem. Parādīsim, ka arī šajā gadījumā gan strāvas stiprumu, gan spriegumu, gan pretestību var izmērīt.

Visos uzdevuma jautājumos lietosim 190. attēlā parādīto mikroampērmetru, kuru modelēsim kā ideālu mikroampērmetru PA, kas ir saslēgts virknē ar rezistoru R_A.

A Lai noteiktu mikroampērmetra iekšējo pretestību, to ieslēdz elektriskajā ķēdē, kā redzams attēlā. Spriegums uz avota spailēm, ko mēra ar ideālu voltmetru PV (tā pretestība ir bezgalīgi liela), ir 10 mV. Pretestība R = 100 Ω, un mikroampērmetrs PA rāda 50 μA. Cik liela ir mikroampērmetra iekšējā pretestība R_A? **[1 p]**

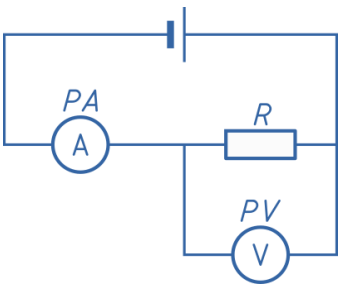


190. att.

B Mēs vēlamies paplašināt strāvas stipruma mērījuma diapazonu, lai mērītu strāvas arī pie citiem sprieguma avotiem. Lai paplašinātu mikroampērmetra mērījumu diapazonu, mikroampērmetram var pieslēgt strāvu ierobežojošu rezistoru ar zināmu pretestību un atbilstoši pārzīmētu ampērmetra mērījumu skalu. Kādā veidā – virknē vai paralēli – ir jāpieslēdz šis rezistors un cik lielai ir jābūt tā pretestībai, lai ar doto instrumentu varētu mērīt strāvas līdz 10 mA, pieņemot, ka ampērmetra iekšējā pretestība nemainās? Uzzīmējiet slēguma shēmu. **[2 p]**

C Tagad apskatīsim, kā varētu pārvērst mikroampērmetru par voltmetru. Kādā veidā (virknē vai paralēli) un cik liela papildus pretestība ir jāpieslēdz dotajam mikroampērmetram, lai ar to varētu mērīt spriegumus līdz 10 V? Uzzīmējiet slēguma shēmu! **[2 p]**

D Lai izmērītu spriegumu un strāvas stiprumu, tika saslēgta 191. attēlā redzamā shēma. Pirmo mērījumu veica ar ideālo voltmetru (pretestība bezgalīgi liela) un ideālu ampērmetru (nulles pretestība). Otrajā mērījumā ideālā ampērmetra vietā paņēma B jautājumā apskatīto instrumentu ar ierobežojošo pretestību un ar pārveidotu mērinstrumenta mērījumu skalu. Cik liela būs ampērmetra rādījumu starpība abos mērījumos, ja spriegums uz galvaniskā elementa ir 0,1 V un rezistora R pretestība ir 10 Ω? **[3 p]**



191. att.

E Šo pašu mikroampērmetru var pārtaisīt arī par ommetru. Apskatīsim vienkāršāko shēmu, kurā ommetru veido mikroampērmetrs, galvaniskais elements un viens strāvu ierobežojošs rezistors, kas ir saslēgti virknes slēgumā. Kāds ir mērījumu diapazons, ja ierobežojošā rezistora pretestība ir 89,9 kΩ, bet spriegums uz galvaniskā elementa ir 9 V? Kādu pretestību — lielāku vai mazāku — parādīs instruments, ja galvaniskā elementa spriegums ar laiku samazināsies? Pamatojiet! **[1 p]**

F Cik liels ir pats mazākais spriegums, ko varētu izmērīt ar doto mikroampērmetru? **[1 p]**

Eksperimentālā kārta. Demonstrējums.
V2019-9-D. SVECES LIESMA

Savulaik Faradejs sagatavoja demonstrējumu sēriju, kas ilustrēja sveces liesmas uzvedību dažādās situācijās. Vēro eksperimenta demonstrējumu, mēģini izprast procesus, pateicoties, kuriem sveces liesma pastāv, mainās vai izzūd. Apraksti redzēto un detalizēti izskaidro – kas, kā un kāpēc notiek ar sveces liesmu!

A Lielā telpā iedegta svece nekustas attiecībā pret gaisu. **[4 p]**

B Degošu sveci kustina horizontālā virzienā turp un atpakaļ arvien ātrāk un ātrāk. **[1 p]**

C Degošu sveci norobežo no apkārtējās telpas ar stikla kupolu un kustina horizontālā virzienā. **[2 p]**

D Degošu sveci zem kupola atstāj miera stāvoklī pietiekami ilgi. Tad šo eksperimenta daļu atkārto, degošu sveci ar kupolu palaižot vaļā un ļaujot tiem brīvi krist. **[3 p]**

Eksperimentālais uzdevums
V2019-9-E. DĒĻA MASAS NOTEIKŠANA BEZ SVARIEM

Uzdevumi

1. Izmantojot dotos darba piederumus, nosaki, kā pārvietojas sistēmas kopējais smaguma centrs, ja uz dēlīša dažādās vietās uzliek atsvaru!
2. Grafiski attēlo iegūto sakarību! Izmanto vismaz 10 mērījumus! Novērtē, kuri no mērījumiem ļauj precīzāk aprēķināt dēlīša masu!
3. Lietojot iegūto grafiku, aprēķini dēlīša masu!

Darba piederumi

- dēlītis;
- atsvars, kura masa ir zināma;
- divi zīmuļi;
- mērlente;
- milimetru papīrs,
- lineāls.

Piezīme

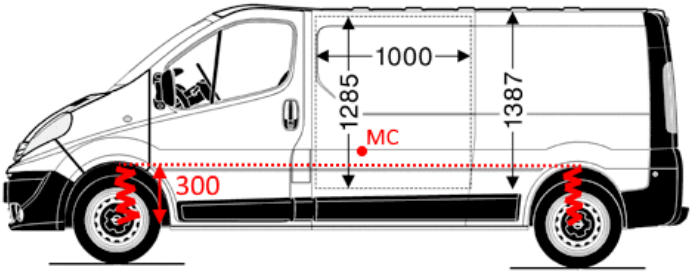
Uz dēlīša drīkst veikt atzīmes ar zīmuli.

V2019-10-1. BEDRES

Auto Opel Vivaro (sk. 192. att.) masa kopā ar kravu un pasažieriem m = 2000 kg. Mašīnai ir četri amortizatori, katrs piestiprināts pie sava riteņa. Ja amortizatorus apraksta ļoti vienkāršotā veidā, tad var pieņemt, ka katrs no tiem sastāv no atsperes un svārstību slāpētāja.

192. att. Opel Vivaro (attēls no www.opel-accessories.com)

Uzdevumā aplūkosim tikai atsperes, svārstību slāpētājus ignorējot. Visas atsperes uzskatām par identiskām, to stinguma koeficients k = 100 000 N/m, un atsperes masu neievērojam. Kad mašīna stāv uz vietas, katras atsperes garums x = 30 cm. Automašīnas masas centrs MC atrodas vienādā attālumā no visiem četriem riteņiem virs amortizatoru stiprinājuma vietas (sk. 193. att.). Brīvās krišanas paātrinājums g = 10 m/s^2.



193. att. Atsperu izvietojuma shēma (attēls no www.drivevauxhall.co.uk)

A Cik liels ir nenoslogotas atsperes garums? **[1 p]**

B Kas notiek – salīdzinājumā ar miera stāvokli, ar katru no četrām atsperēm zemāk aprakstītajos gadījumos? Atbildē norādiet – izstiepjas, tiek saspiesta, vai nemaina garumu un pamatojiet savu izvēli. **[4 p]**

B1 Mašīna brauc ar konstantu ātrumu pa taisnu horizontālu ceļu.

B2 Mašīna pagriežas pa kreisi, braucot pa horizontālu līkumu ar konstantu ātrumu.

B3 Mašīna brauc kalnā ar konstantu ātrumu pa taisnu ceļu, kas veido 15^o leņķi pret horizontu.

B4 Mašīna vienmērīgi paātrinās uz taisnā horizontālā ceļa.

C Kad mašīna brauc pāri bedrei, atspere uz īsu laiku atslogojas. Bedres garums mašīnas kustības virzienā L = 1 m, dziļums h = 0,05 m, mašīnas ātrums v = 30 m/s. Var pieņemt, ka mašīnas korpuss kustas horizontālā virzienā ar nemainīgu ātrumu bez svārstībām, jo bedrē trāpa tikai viens ritenis. Riteņa masa m_r = 20 kg, rādiuss r = 30 cm. Berzes spēku, kas darbojas uz riteni un amortizatora atsperi, neņemsim vērā.

C1 Ar cik lielu paātrinājumu kustas ritenis brīdī, kad atspere kļūst atslogota? **[1 p]**

C2 Vai ritenis sasniedz bedres dibenu? Pieņemiet, ka bedrei ir taisnstūrveida forma, t. i. tās dziļums ir nemainīgs un vienāds ar h visos bedres punktos. **[3 p]**

D Mašīna pārbrauc pāri platai un garai bedrei, kas atšķiras no C jautājumā aprakstītās bedres. Var pieņemt, ka tādēļ visas četras atsperes vienlaicīgi kļūst saspiestas par aptuveni vienādu garumu Δx = 4 cm. Novērtējiet mašīnas svārstību frekvenci. **[1 p]**

V2019-10-2. SADURSMES UN LIETUS

Apskatīsim divu ratiņu dažādas sadursmes un ratiņu kustību lietus laikā. Pieņemsim, ka ratiņi spēj ripot bez berzes un tie atrodas uz horizontālas gludas virsmas. Lielāko ratiņu masa ir *M*, mazāko ratiņu masa ir *m*. Uzdevumā nav dotas skaitliskās vērtības, līdz ar to visas atbildes ir jāizsaka kā vispārīgas izteiksmes. A un B daļā atbildi izteikt izmantojot tikai dotos lielumus *M*, *m* un v.

A Lielākie ratiņi pārvietojas ar ātrumu v. Kādā momentā tie saskrienas ar nekustīgiem mazajiem ratiņiem.

A1 Izsaki, ar ko būs vienāds katru ratiņu ātrums pēc sadursmes, ja sadursme ir absolūti elastīga? **[2 p]**

A2 Izsaki, kāda daļa no sākotnējās kopējās kinētiskās enerģijas ir mazāko ratiņu kinētiskā enerģija pēc sadursmes? **[1 p]**

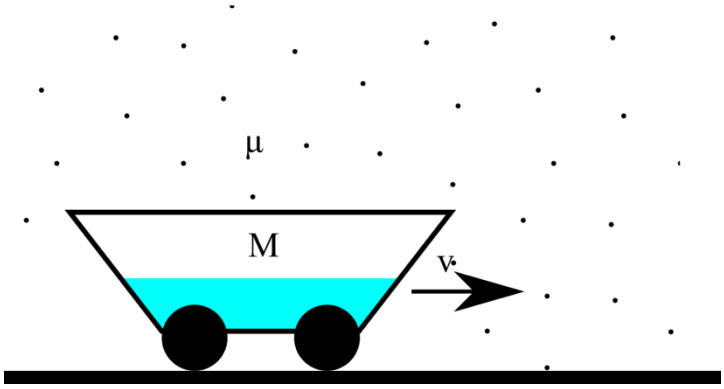
B Lielākie ratiņi pārvietojas ar ātrumu v un saskrienas ar nekustīgiem mazākajiem ratiņiem. Sadursmes rezultātā ratiņi sakabinās un pārvietojas ar vienu ātrumu (sadursme ir absolūti neelastīga).

B1 Izsaki sakabināto ratiņu kustības ātrumu pēc sadursmes! **[1 p]**

B2 Izsaki, kāda daļa no sākotnējās kopējās kinētiskās enerģijas ir mazāko ratiņu kinētiskā enerģija pēc sadursmes? **[1 p]**

B3 Kāda daļa no sākotnējās kinētiskās enerģijas tika zaudēta neelastīgā sadursmē (pārvērtās citās enerģijas formās, kas nav kinētiskā enerģija)? **[1 p]**

Tālākajos jautājumos apskatīsim situācijas, kurās lietus līst vertikāli uz leju (Zemes atskaites sistēmā) ar tādu intensitāti, ka ratiņu masa pieaug ar ātrumu μ [kg/s]. Tālākajos jautājumos atbildi izteikt izmantojot lielumus *M*, v, *t,* μ un v_2.

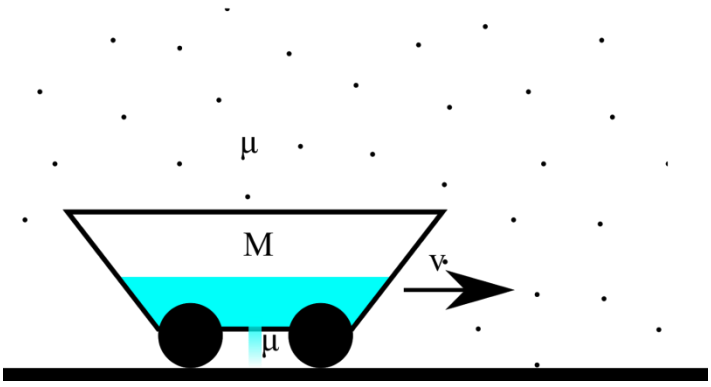


194. att.

C Ratiņi, kuru sākotnējā masa ir *M*, pārvietojas ar sākuma ātrumu v bez berzes (194. att.). Izsaki ratiņu ātrumu pēc laika *t*, ja laika momentā *t* = 0 ratiņu masa ir *M* un ātrums ir v? **[1 p]**

D Ratiņi, kuru sākotnējā masa ir *M*, pārvietojas ar ātrumu v bez berzes. Lietus līst ar intensitāti μ [kg/s], tikai ratiņos ir neliels caurums un viss ielijušais ūdens izlīst ārā vertikāli uz leju (195. att.). Rezultātā ratiņu masa ir *M* un tā nemainās.

Caurumiņš ir mazs, kā rezultātā viss ratiņos ielijušais ūdens ir jāpaātrina līdz ratiņu ātrumam pirms tas ir izlijis.



195. att.

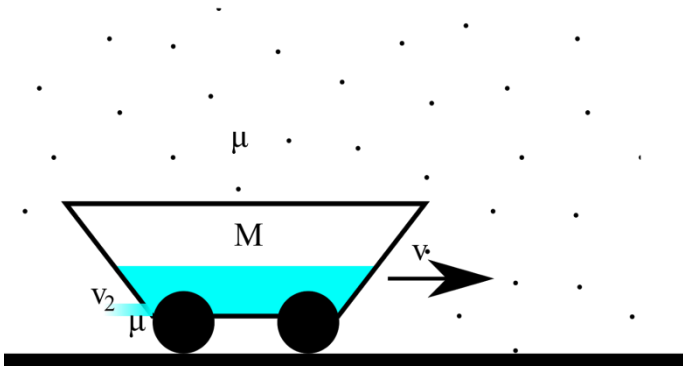
D1 Kurā no šīm divām aprakstītajām situācijām:

1) ratiņiem nav cauruma un ratiņu masa pieaug (kā jautājumā C);
2) ratiņos ir caurums un ratiņu masa nemainās (kā jautājumā D);

ratiņu ātrums laika momentā $t > 0$ ir lielāks, ja laika momentā $t = 0$ ratiņu ātrums abās situācijās ir vienāds ar v? Atbildi pamato! **[1 p]**

D2 Izsaki, kādai ir jābūt ratiņu motora jaudai, lai uzturētu nemainīgu ātrumu v? **[1 p]**

E Joprojām līst lietus ar intensitāti μ [kg/s], bet šoreiz mazais caurums ratos ir izveidots tā, ka ūdens izplūst horizontāli ar ātrumu $v_2 < v$ (attiecībā pret ratiņiem) pretēji kustības virzienam (196. att.). Izsaki, kādai ir jābūt ratiņu motora jaudai, lai uzturētu nemainīgu ātrumu v? **[1 p]**



196. att.

V2019-10-3. SISENIS

Uz horizontālas virsmas sēž sisenis. Cilindriska bundža ar rādiusu *R* ripo uz siseņa pusi bez slīdēšanas tā, ka cilindra centrs kustas ar nemainīgu ātrumu v. Sisenis pārlec pāri bundžai ar mazāko iespējamo ātrumu *u*, tikai nedaudz pieskaroties tai augšējā punktā. Uzdevumā nav jāaprēķina skaitliskās vērtības, bet gala izteiksmēs jāparādās tikai dotajiem lielumiem – bundžas rādiuss *R*, bundžas cilindra centra kustības ātrums v, brīvās krišanas paātrinājums *g*.

A Kāda ģeometriska forma ir siseņa lēciena trajektorijai kustīgajā atskaites sistēmā, kas saistīta ar bundžas centru? Pamato savu domu gaitu! **[1 p]**

B Uzraksti siseņa kustības vienādojumus $x = x(t)$ un $y = y(t)$ kustīgajā atskaites sistēmā, kas saistīta ar cilindriskas bundžas centru. Vienādojumos izmanto ātruma *u* horizontālo un vertikālo projekcijas u_x un u_y atskaites sistēmā, kas saistīta ar zemi **[2 p]**

C Lēciena raksturlielumu noteikšana:

C1 Ar ko ir vienāds siseņa maksimālais pacelšanās augstums lēcienā? **[1 p]**

C2 Ar ko ir vienāda siseņa lēciena ātruma vertikālā komponente u_y? **[1 p]**

C3 Ar ko ir vienāds laiks, kurā sisenis sasniedz lēcienā maksimālo pacelšanās augstumu? **[1 p]**

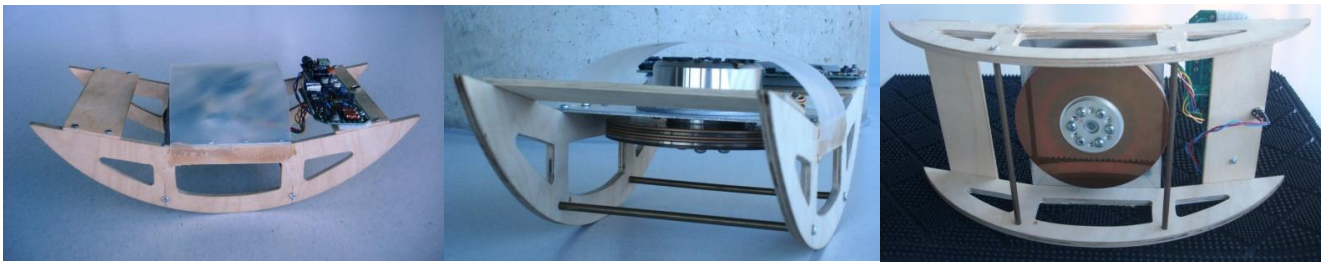
C4 Ar ko ir vienāda siseņa lēciena ātruma horizontālā komponente u_x? **[2 p]**

C5 Ar ko ir vienāds siseņa lēciena mazākais iespējamais ātrums *u,* lai pārlēktu pāri bundžai? **[1 p]**

C6 Cik tālu aizlēks sisenis horizontālajā virzienā? **[1 p]**

Eksperimentālā kārta. Demonstrējums.
V2019-10-D. SPARARATS ŠŪPOLĒS

Izveidots priekšmets ar divām noapaļotām sliecēm, kurš var svārstīties līdzīgi rotaļu zirdziņam vai šūpuļkrēslam (197. att.). Tā vidusdaļā atrodas spararats, kas ir nostiprināts uz vertikāli vērstas dzinēja ass. Dzinēja un tā barošanas bloka vienīgā funkcija ir nodrošināt vienmērīgu spararata rotāciju.



197. att.

Uzdevumā ir jāapskata tikai priekšmeta kustība kopumā. Vērojiet demonstrējumu un atbildiet uz sekojošiem jautājumiem.

Neiegriežot spararatu.

A un **B.** *Priekšmets ir novietots uz gumijas paklājiņa. Tā viens gals tiek pacelts un palaists vaļā. Demonstrējums tiek atkārtots pakāpeniski palielinot sākotnējās novirzes amplitūdu. Demonstrējums tiek atkārtots bez gumijas paklājiņa.*

A1 Kādi spēki darbojas uz priekšmetu, kad tas ir izvirzīts no līdzsvara stāvokļa un palaists vaļā? **[1 p]**

A2 Kāpēc neiešūpinātā priekšmeta līdzsvara stāvoklis ir stabils pret mazām novirzēm? **[1 p]**

A3 Cik lielam ir jābūt balsta liekuma rādiusam, lai līdzsvara stāvoklis būtu stabils? **[1 p]**

B1 Lai labāk saprastu gumijas paklājiņa lomu, iedomājies un apraksti, kādas būtu priekšmeta svārstības divos robežgadījumos – uz pilnīgi slīdošas un uz pilnīgi neslīdošas virsmas? Ar ko šīs divas idealizētās situācijas atšķirsies? **[1 p]**

B2 Demonstrējumā ir redzams, ka pie mazām amplitūdām priekšmeta svārstības uz grīdas un uz paklāja notiek līdzīgi. Savukārt pie lielākām sākotnējām novirzēm kustība uz grīdas ir sarežģītāka. Apraksti un izskaidro novēroto! **[1 p]**

Ar iegrieztu spararatu

C. *Paceļot priekšmeta vienu sānu tā, lai tas balstās tikai uz vienas slieces, var panākt nestabila līdzsvara stāvokli. Palaižot vaļā priekšmetu ar neiegrieztu spararatu, tas gāžas uz vienu vai uz otru pusi, atkarībā no sākotnējā pacelšanās leņķa – pirms vai aiz nestabila līdzsvara stāvokļa. Atkārtojot šo eksperimentu ar iegrieztu spararatu, gāšanās notiek ievērojami savādāk.*

C1 Kāpēc ar iegrieztu spararatu gāšanās no nestabila līdzsvara stāvokļa ir tik jocīga? Apraksti un izvērsti izskaidro novēroto! **[2 p]**

C2 Ar ko atšķiras priekšmeta ar iegrieztu spararatu kustība, salīdzinot situācijas, kad priekšmetu palaiž vaļā pirms līdzsvara punkta vai aiz tā? Kāpēc? **[1 p]**

D *Priekšmets atrodas uz gumijas paklājiņa. Atbalstot priekšmetu uz viena gala abu slieču galapunktiem, otru galu paceļ maksimāli augstu, gandrīz sasniedzot nestabila līdzsvara stāvokli, un tad palaiž vaļā. Pēc tam demonstrējums tiek atkārtots uz grīdas.*

D1 Kāpēc palaižot priekšmetu vaļā no gandrīz vertikāla stāvokļa uz gumijas paklājiņa tas nogāžas uz viena sāna, bet uz grīdas – nostājas uz abām sliecēm? **[2 p]**

Eksperimentālais uzdevums
V2019-10-E. SVĒRŠANA AR DIEGIEM

Uzdevumi

Nosaki betona balsta masu! Neaizmirsti pierakstīt darbā betona balsta kārtas numuru, kas rakstīts uz balsta apakšas!

1. Izmantojot dotos darba piederumus, izveido iekārtu masas noteikšanai. Shematiski uzzīmē izveidoto iekārtu un apraksti tās darbības principu!
2. Izanalizē un apraksti, kā mainās iekārtas precizitāte atkarībā no iekārtas elementu izmēriem, kurus var un ir lietderīgi mainīt.
3. Veic mērījumus balsta masas noteikšanai. Mērījumus veic vairākas reizes, mainot mērīšanas iekārtas elementu izmērus.
4. Apkopo tabulā un attēlo grafikā iegūtos mērījumu datus, ņemot vērā mērījumu kļūdu.
5. Nosaki betona balsta masu, ņemot vērā katra eksperimenta precizitāti!

Darba piederumi:

- betona balsts;
- atsvars, kura masa zināma (ticēt ar roku rakstītajam!);
- diegs;
- šķēres;
- divi uzgriežņi;
- mērlente;
- galds, kura virsmu var uzskatīt par horizontālu (tāpat kā grīdu);
- milimetru papīrs;
- lineāls.

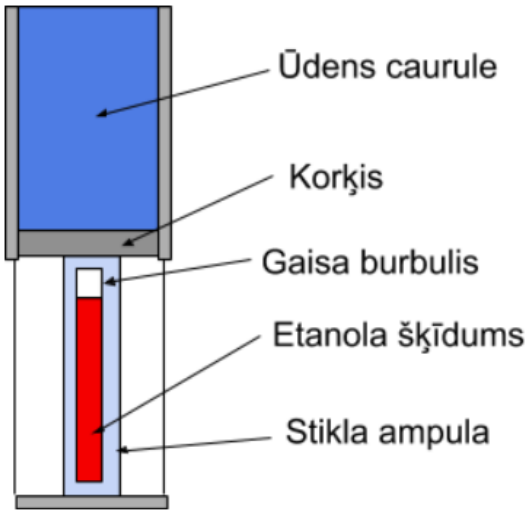
Piezīme

Jāuzturas sava galda tuvākajā apkārtnē jeb "aizgaldā". Uz krēsla gan drīkst nesēdēt, ja tas nav ērti!

11. klase

V2019-11-1. UGUNSDZĒSĪBAS SMIDZINĀTĀJS

Ugunsdzēsības smidzinātāji tiek ierīkoti pie griestiem, lai ugunsgrēka gadījumā, no tiem smidzinātu ūdeni un apdzēstu degšanu. Smidzinātāja konstrukcija redzama 198. attēlā: stikla ampula atbalsta korķi, kas noslēdz ūdens cauruli. Kad tiek sasniegta noteikta temperatūra, tad stikla ampula pārplīst, līdz ar to korķi no vietas izspiež ūdens, kas atrodas ūdens caurulē un smidzinātājs sāk smidzināt ūdeni.



198. att.

Ampulās tiek izmantotas dažādas vielas: glicerīns, acetons, dihlorobenzols vai dažādi vielu maisījumi.

Pieņemsim, ka ampulā ir 0,5 ml etanola šķīduma un 0,02 ml gaisa burbuļi. Sākotnējā temperatūra ir 18°C un gaisa spiediens ampulā ir 10^5 Pa. Šķīduma tilpuma termiskās izplešanās koeficients ir $750 \cdot 10^{-6}$ K^{-1}. Šķidrums ir nesaspiežams un virsmas spraiguma efektus neņem vērā.

A Cik liels būs spiediens ampulā, ja temperatūra tiks palielināta līdz 68°C? Iztvaikošanu neņemam vērā. **[3 p]**

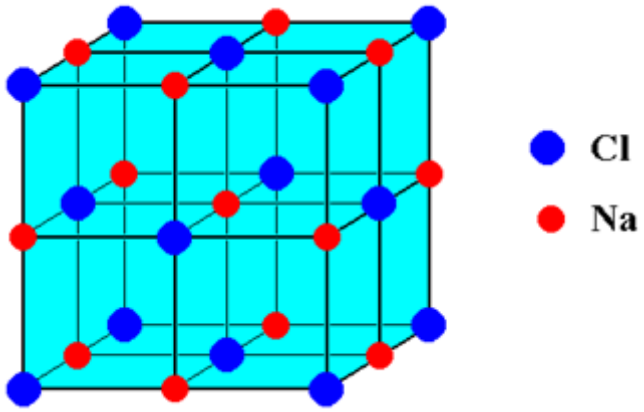
B Piesātināta tvaika spiediena atkarību no temperatūras apraksta Augusta vienādojums $\ln p = A - \frac{L}{RT}$, kur A – kāda vielai raksturīga konstante, L ir molārais iztvaikošanas siltums, R ir gāzu universālā konstante un T – absolūtā temperatūra. Dotā šķīduma molārais iztvaikošanas siltums ir L = 38,56 kJ/mol un ir zināms, ka vārīšanās temperatūra 10^5 Pa spiedienā ir 78°C. Cik liels būs šķīduma tvaiku spiediens ampulā, ja temperatūra tiks palielināta līdz 68°C? **[3 p]**

C Vai iegūtā šķīduma tvaiku spiediena vērtība būtu jāpieskaita iegūtajam gaisa burbuļa spiedienam, lai iegūtu pilno spiedienu? Kas to nosaka? **[1 p]**

D Uzrakstiet formulu, kas apraksta gaisa spiedienu ampulā atkarībā no temperatūras, ja arī šajā situācijā visi lielumi ir tādi kā dots uzdevuma sākumā, uzskicējiet grafiku, kas to ilustrē, kā arī aptuveni novērtējiet temperatūru, pie kuras saplīsīs ampula! Šķīduma tvaiku radīto spiedienu šajā uzdevuma daļā neņemam vērā, jo tas ir daudzkārt mazāks par gāzes radīto spiedienu. **[3 p]**

V2019-11-2. SĀLS

Vārāmā sāls (NaCl) ir materiāls, kas sastāv no nātrija (Na) un hlora (Cl) atomiem. Ja sāls ir cietā agregātstāvoklī, tās atomi ir izvietoti kubiskā kristālrežģa struktūrā (199. att.). Mazāko kubu šajā struktūrā sauksim par šūnu (ievēro, ka tā nav parasti pieņemtā elementāršūna). Šūnas malas garums ir viena ķīmiskā saite starp Na un Cl.



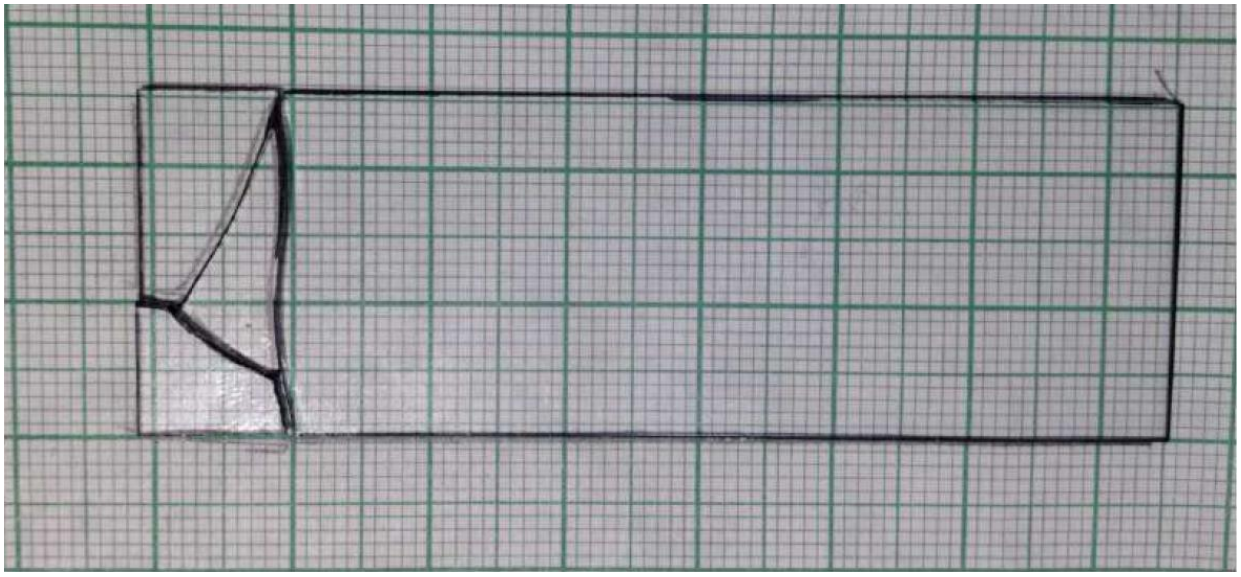
199. att. Sāls kristālrežģa struktūra

NaCl īpatnējais iztvaikošanas siltums L = 3,927 kJ/g. Zināms, ka iztvaikojot NaCl pārvēršas par gāzi, kas sastāv no NaCl molekulām (molekulā ir viens Na atoms un viens Cl atoms). Na molmasa M_{Na} = 23,0 g/mol, Cl molmasa M_{Cl} = 35,5 g/mol, sāls blīvums ρ = 2,17 g/cm^3. Pieņem, ka materiālam nav defektu vai piemaisījumu.

A Cik šūnām pieder katrs Na atoms? Cik šūnām pieder katrs Cl atoms? **[1 p]**

B Cik lielu tilpumu aizņem viena šūna? **[3 p]**

Laboratorijā tika iegūta sāls plāksne. Plāksne nokrita uz grīdas un tā rezultātā salūza (200. att.). Plāksnes izmēri 25 mm × 75 mm × 1 mm. Plāksne nokrita no augstuma h = 150 cm.



200. att.

C Novērtē, cik liels ir kopējais saskarvirsmas laukums starp sāls gabaliem! (Piemēram, ja divi gabali viens ar otru saskaras 1 cm^2 lielā laukumā, tad kopējais saskarvirsmas laukums ir 1cm^2.) **[1 p]**

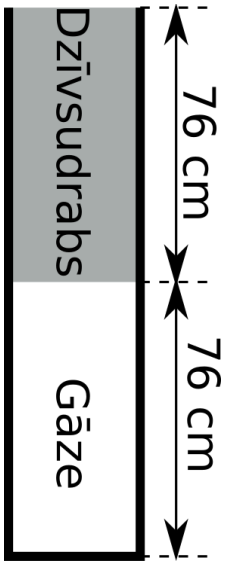
D Novērtē, cik ķīmiskās saites tika sarautas, plāksnei lūstot! **[1,5 p]**

E Apskatīsim ļoti vienkāršotu NaCl kristāla un molekulu uzbūves modeli, kurā atomu mijiedarbības enerģija ir tieši proporcionāla saišu skaitam – ar saiti saprotot tuvāko kaimiņatomu skaitu. Cietās un gāzveida fāzes entropiju starpības ieguldījums iztvaikošanas siltumā netiek ņemts vērā (iztvaikojot, NaCl pārvēršas par gāzi, kas sastāv no NaCl molekulām). Novērtē, cik daudz enerģijas vidēji nepieciešams vienas NaCl molekulas iztvaicēšanai no kristāla! **[2,5 p]**

F Novērtē, cik liela daļa no enerģijas, kas tika izdalīta stikla sadursmē ar grīdu, tika patērēta ķīmisko saišu saraušanai! **[1 p]**

V2019-11-3. DZĪVSUDRABS

Cilindriskā traukā, kurš no apakšas ir noslēgts, atrodas ideāla vienatomu gāze 23°C temperatūrā. Virs gāzes atrodas dzīvsudrabs. Trauka kopējais augstums ir h_0 =152 cm un sākuma momentā pusi aizņem gāze (gāzes stabiņa augstums sākuma momentā ir 76 cm) un pusi aizņem dzīvsudrabs. Trauka augšējais gals ir vaļējs, kā rezultātā dzīvsudrabs var iztecēt no trauka (201. att.)



201. att.

Ja gāzei lēnām tiek pievadīts siltums, tad iesākumā gāzes temperatūra pieaug līdz sasniedz maksimālo temperatūru. Ja turpina pievadīt siltumu gāzei, gāzes temperatūra samazinās, tad kādā brīdī gāzei vairs nepievada siltumu, bet tā turpina izplesties un izspiež visu dzīvsudrabu no trauka.

Pieņemsim, ka dzīvsudraba virsma ir plakana, iztvaikošana no dzīvsudraba virsmas nenotiek un siltumapmaiņu starp gāzi un dzīvsudrabu var neņemt vērā. Apkārtējā gaisa spiediens ir p_0 = 760 mmHg = 100,9 kPa. Dzīvsudraba blīvums $\rho = 13534\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, brīvās krišanas paātrinājums $g = 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

A Aprēķiniet sākotnējo vienatomu gāzes spiedienu! **[1 p]**

B Uzzīmēt grafiku, kurā parādīts, kā mainās vienatomu gāzes spiediens atkarībā no gāzes tilpuma $p(V)$. Grafiku zīmēt atbilstošā mērogā uz mm papīra. Ar bultiņu norādīt, kurā virzienā notiek sildīšanas process. Ar punktu attēlot vietu, kur tiek sasniegta maksimālā temperatūra. **[3 p]**

C Cik liels ir gāzes stabiņa augstums, kad ir sasniegta maksimālā temperatūra? **[2 p]**

D Aprēķiniet maksimālo vienatomu gāzes temperatūru! **[1 p]**

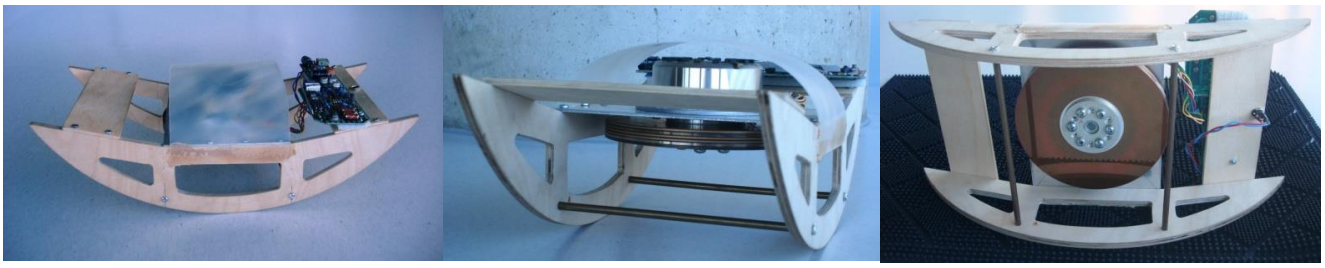
E Kādam nosacījumam jāizpildās, lai vienatomu gāzes izplešanās notiktu bez enerģijas pievades no ārpuses? (pamato ar nevienādību vai vārdiem) **[1 p]**

F Cik liels ir vienatomu gāzes stabiņa augstums brīdī, kad gāze sāk izplesties bez siltuma pievadīšanas? **[1,5 p]**

G Cik liela ir gāzes temperatūra brīdī, kad tā sāk izplesties bez siltuma pievadīšanas? **[0,5 p]**

Eksperimentālā kārta. Demonstrējums.
V2019-11-D. SPARARATS ŠŪPOLĒS

Izveidots priekšmets ar divām noapaļotām sliecēm, kurš var svārstīties līdzīgi rotaļu zirdziņam vai šūpuļkrēslam (202. att.). Tā vidusdaļā atrodas spararats, kas ir nostiprināts uz vertikāli vērstas dzinēja ass. Dzinēja un tā barošanas bloka vienīgā funkcija ir nodrošināt vienmērīgu spararata rotāciju.



202. att.

Uzdevumā ir jāapskata tikai priekšmeta kustība kopumā. Vērojiet demonstrējumu un atbildiet uz sekojošiem jautājumiem.

Neiegriežot spararatu.

A un **B.** *Priekšmets ir novietots uz gumijas paklājiņa. Tā viens gals tiek pacelts un palaists vaļā. Demonstrējums tiek atkārtots pakāpeniski palielinot sākotnējās novirzes amplitūdu. Demonstrējums tiek atkārtots bez gumijas paklājiņa.*

A1 Kādi spēki darbojas uz priekšmetu, kad tas ir izvirzīts no līdzsvara stāvokļa un palaists vaļā? **[1 p]**

A2 Kāpēc neiešūpinātā priekšmeta līdzsvara stāvoklis ir stabils pret mazām novirzēm? **[1 p]**

A3 Cik lielam ir jābūt balsta liekuma rādiusam, lai līdzsvara stāvoklis būtu stabils? **[1 p]**

B1 Lai labāk saprastu gumijas paklājiņa lomu, iedomājies un apraksti, kādas būtu priekšmeta svārstības divos robežgadījumos – uz pilnīgi slīdošas un uz pilnīgi neslīdošas virsmas? Ar ko šīs divas idealizētās situācijas atšķirsies? **[1 p]**

B2 Demonstrējumā ir redzams, ka pie mazām amplitūdām priekšmeta svārstības uz grīdas un uz paklāja notiek līdzīgi. Savukārt pie lielākām sākotnējām novirzēm kustība uz grīdas ir sarežģītāka. Apraksti un izskaidro novēroto! **[1 p]**

Ar iegrieztu spararatu

C. *Paceļot priekšmeta vienu sānu tā, lai tas balstās tikai uz vienas slieces, var panākt nestabila līdzsvara stāvokli. Palaižot vaļā priekšmetu ar neiegrieztu spararatu, tas gāžas uz vienu vai uz otru pusi, atkarībā no sākotnējā pacelšanās leņķa – pirms vai aiz nestabila līdzsvara stāvokļa. Atkārtojot šo eksperimentu ar iegrieztu spararatu, gāšanās notiek ievērojami savādāk.*

C1 Kāpēc ar iegrieztu spararatu gāšanās no nestabila līdzsvara stāvokļa ir tik jocīga? Apraksti un izvērsti izskaidro novēroto! **[2 p]**

C2 Ar ko atšķiras priekšmeta ar iegrieztu spararatu kustība, salīdzinot situācijas, kad priekšmetu palaiž vaļā pirms līdzsvara punkta vai aiz tā? Kāpēc? **[1 p]**

D *Priekšmets atrodas uz gumijas paklājiņa. Atbalstot priekšmetu uz viena gala abu slieču galapunktiem, otru galu paceļ maksimāli augstu, gandrīz sasniedzot nestabila līdzsvara stāvokli, un tad palaiž vaļā. Pēc tam demonstrējums tiek atkārtots uz grīdas.*

D1 Kāpēc palaižot priekšmetu vaļā no gandrīz vertikāla stāvokļa uz gumijas paklājiņa tas nogāžas uz viena sāna, bet uz grīdas – nostājas uz abām sliecēm? **[2 p]**

Eksperimentālais uzdevums
V2019-11-E. ELEKTRISKĀ BALTĀ KASTE

Uzdevumi

1. Izmantojot dotos darba piederumus, identificē nezināmos elektriskos elementus, kuri atrodas kastē.
2. Uzzīmē slēguma shēmu, iezīmējot, pie kuras kontaktligzdas ir pieslēgts attiecīgais elements.
3. Apraksti metodi kā identificēji katru no trim elementiem.
4. Fiksē mērījumus, kas pamato Tavu izvēli.

Kaste ir aizzīmogota, tajā izvietoti trīs elementi un izveidotas piecas kontaktligzdas. Kasti vaļā nevērt!

Darba piederumi:

- elektriskā baltā kaste;
- multimetrs;
- 1,5 V elements un elementa turētājs;
- 3 vadi

Uzmanību!

- *Mērot strāvu, vads jāpārsprauž 10A ligzdā un pārslēdzējs jāpagriež uz 10A diapazonu.*
- *Vienam multimetra vadam vienmēr jābūt COM ligzdā!*
- *Ja baltajai kastei tiek pievienots galvaniskais elements, tad nedrīkst lietot multimetru pretestības mērīšanas režīmā.*

12. klase

V2019-12-1. MAGNĒTISKIE LAUKI

Eiropas kodolpētījumu centrā CERN ir uzbūvēts Lielais hadronu paātrinātājs (LHC) protonu un smago jonu paātrināšanai. Uzdevumā apskatīsim daļiņu paātrinātāja darbības principus.

Aprēķinos uzdevumā lietosim sekojošas lielumu vērtības: protona masa $m_p = 1{,}673 \cdot 10^{-27}$ kg; protona lādiņš $q_p = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$C; gaismas ātrums $c = 2{,}998 \cdot 10^{8}$ m/s.

A Daļiņu paātrinātājs ir sadalīts vairākos posmos, kur katrā posmā daļiņām tiek piešķirts noteikts ātrums.

A1 Pirmajā posmā atrodas lineārais daļiņu paātrinātājs, kas paātrina lādētās daļiņas homogēnā elektriskajā laukā. Lineārā paātrinātāja garums ir 100 m, elektriskā lauka intensitāte $E = 2 \cdot 10^5$ N/C. Līdz cik lielam ātrumam protoni tiek paātrināti lineārajā paātrinātājā, ja to sākuma ātrums ir 0? **[1 p]**

A2 Nākamajā posmā atrodas ciklotrons, kurā paātrinātie protoni ielido perpendikulāri magnētiskā lauka indukcijas līnijām. Protoni ciklotrona magnētiskā lauka ietekmē pārvietojas pa riņķveida trajektorijām. Magnētiskā lauka indukcija ir 0,14 T, protona ātrums $4 \cdot 10^7$ m/s. Relatīvistiskos efektus neņemam vērā. Cik liels ir protona trajektorijas liekuma rādiuss un apriņķošanas frekvence? **[2 p]**

B Kad daļiņu ātrums kļūst salīdzināms ar gaismas ātrumu, tad ir jāņem vērā relatīvistiskie efekti. Sakarības, kas apraksta relatīvistiskos efektus:

ja $\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}$, tad relatīvistiskā enerģija $E = \gamma m_0 c^2$ un relatīvistiskais impulss $p = \gamma m_0 v$

B1 Pie cik liela ātruma relatīvistiskie efekti sāk kļūt manāmi ($\gamma > 1{,}1$)? Cik liels ir iegūtais ātrums salīdzinājumā ar gaismas ātrumu? **[2 p]**

B2 Vienkāršo relatīvistisko enerģijas izteiksmi, ja protona ātrums v << c. Izskaidro iegūto rezultātu. Vienkāršojot izteiksmi, ņem vērā sakarību: $(1 + a)^n \approx 1 + na$, ja $a \ll 1$. **[2 p]**

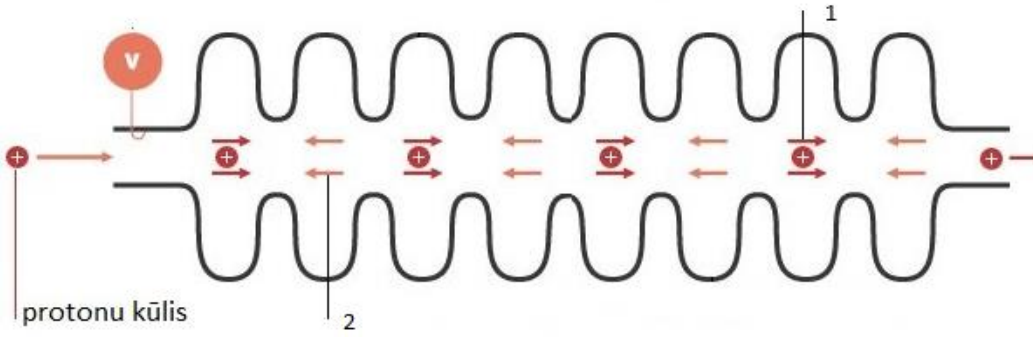
C Daļiņu paātrinātāja beigu posms ir LHC (lielais hadronu paātrinātājs). Tas protonus paātrina līdz 99,999999% gaismas ātruma. Protoni ceļo divos kūļos divās magnētiskās sistēmās, vienā kūlī pulksteņa rādītāja virzienā, otrā kūlī pretēji pulksteņa rādītāja virzienam. Noteiktās vietās abi kūļi saduras.

C1 Cik daudz protonu-protonu sadursmes notiek vienā sekundē, ja LHC rādiuss ir 4,3 km? Ir zināms, ka LHC jebkurā laika brīdī vienlaikus atrodas 1 g ūdeņraža protonu un daļiņu lineārais blīvums

$$\lambda = \frac{N_A \dfrac{m}{M}}{2\pi R}$$

[1 p]

C2 Lai paātrinātu protonus, kas ceļo ar lielu ātrumu, tiek izmantots īpašas formas paātrinātājs, kas ir redzams 203. attēlā. Tiek lietots mainīgs elektriskais lauks, kas ir speciāli pielāgots, lai paātrinātu protonus to kustības virzienā.

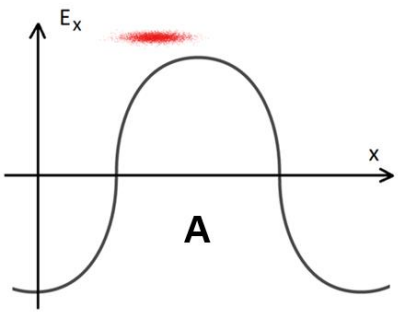


203. att.

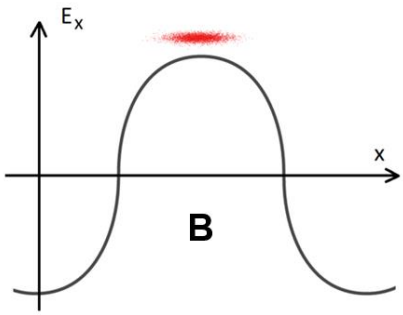
Paātrinātājā tiek šautas paketes, kur katra pakete sastāv no tūkstošiem protonu. Katrā laika momentā paātrinātāja posmos, kuros atrodas protonu paketes, elektriskais lauks ir vērsts kustības virzienā (1. pozīcija 203. attēlā). Savukārt posmos, kur protonu nav, elektriskais lauks vērsts pretēji protonu kustības virzienam (2. pozīcija 203. attēlā).

Ir svarīgi, ka protonu paketes neizklīst. To var panākt saskaņojot radīto elektrisko lauku ar protonu pakešu pozīcijām. 204., 205. un 206. attēlā doti grafiki elektriskā lauka x komponentes intensitātes atkarībai no x koordinātes paātrinātāja fragmentā. Katrā attēlā protonu paketei ir atšķirīga pozīcija attiecībā pret elektriskā lauka maksimumu.

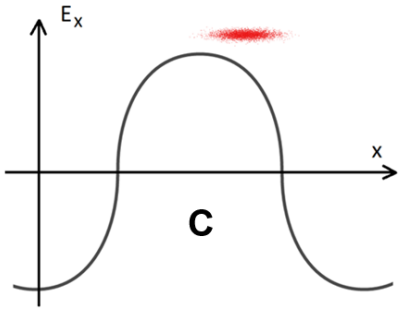
Kura no attēlā redzamajām protonu paketēm – A, B vai C – būs stabila (neizklīdīs ar laiku), ja tās visas kustās x ass virzienā? Kāpēc? Kas notiks ar pārējām protonu paketēm? **[2 p]**



204. att.



205. att.



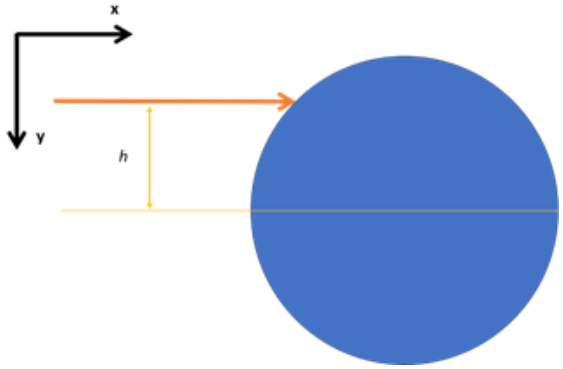
206. att.

V2019-12-2. OPTISKĀ PINCETE

2018. gadā Nobela prēmija fizikā tika piešķirta par t.s. optiskās pincetes izgudrošanu un tās pielietojumiem bioloģiskajās sistēmās.

Optiskā pincete ir ierīce, kas ļauj manipulēt (satvert, noturēt, izmērīt darbojošos spēkus, u.tml.) ar sīkām caurspīdīgām daļiņām, izmantojot intensīvu gaismas staru (lāzerstaru). Gadījumā, kad daļiņu izmērs ir daudz lielāks nekā gaismas viļņa garums, optiskās pincetes darbības principu iespējams aprakstīt, izmantojot ģeometrisku optiku un ņemot vērā, ka gaisma (fotoni) pārnes impulsu, kura lielums konkrētajā vidē atkarīgs tikai no fotonu enerģijas (viļņa garuma), un kura virziens sakrīt ar gaismas izplatīšanās virzienu.

Lai arī kopējo spēku, ar kādu gaisma iedarbojas uz daļiņu, nosaka daudzi efekti – gaismas izkliede, atstarošanās, absorbcija – ierīces darbības izpratnei svarīgākais ir izsekot daļiņas mijiedarbībai ar tajā lauztajiem gaismas stariem. Tādēļ šajā uzdevumā aplūkosim tikai tos, un augstāk uzskaitītos efektus neņemsim vērā.



207. att.

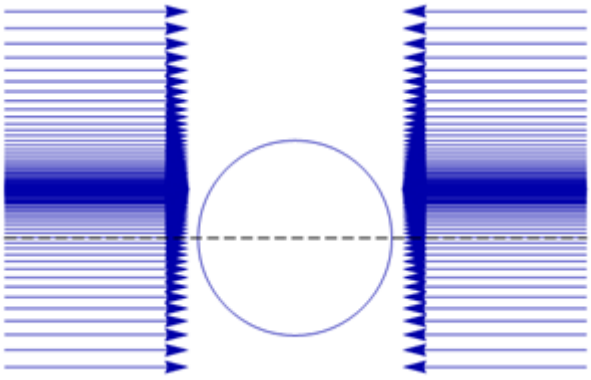
A Gaismas stars krīt uz caurspīdīgu lodīti ar rādiusu R (sk. 207. attēlu). Attālums starp stara sākotnējo izplatīšanās virzienu un lodītes centru ir h. Lodītes materiāla gaismas laušanas koeficients ir n reižu lielāks nekā apkārtējās vides gaismas laušanas koeficients.

Izraksti formulu leņķim φ, par kādu nolieksies lodītei cauri izgājušais stars attiecībā pret stara sākotnējo izplatīšanās virzienu **[2 p]**

B Izsaki spēku (x un y projekcijas), kādu uz lodīti radīs krītošā stara laušana, ja stara sākotnējais laika vienībā pārnestais impulss ir f ? **[2 p]**

C Sākotnējos eksperimentos daļiņas kontrolēšanai tika izmantoti divi viens otram pretī vērsti gaismas kūļi. Tādēļ aplūkosim situāciju, kad uz lodīti no pretējām pusēm krīt divi vienādi paralēlu staru kūļi.

Gaismas intensitātes sadalījums radiālajā virzienā staru kūlī ir nehomogēns – gaismas intensitāte ir vislielākā kūļa centrā, un samazinās, no centra attālinoties. Lodīte ir nedaudz nobīdīta no kūļa centra (sk. 208. attēlu). Kurā virzienā darbosies rezultējošais gaismas laušanas radītais spēks? **[1 p]**

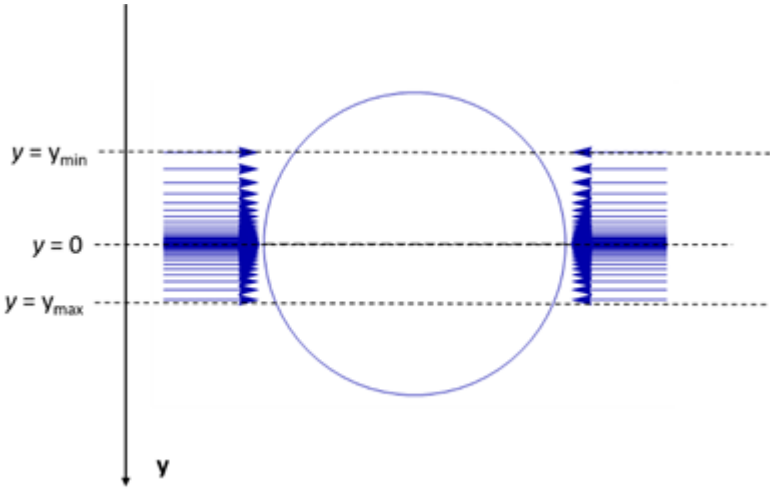

208. att.

D Kvantitatīvai analīzei aplūkosim šādu vienkāršotu modeli: pieņemsim, ka staru kūļi ir plakani un atrodas zīmējuma plaknē, turklāt kūļi iet caur lodītes centru (209. att.).

Kūļa platums $y_{max} - y_{min}$ ir daudz mazāks par lodītes rādiusu. Gaismas intensitāte (staru skaita lineārais blīvums jeb staru skaits uz garuma vienību $\Delta N/\Delta y$) staru kūlī mainās kā kā $c/|y|$, kur *c* ir kāda pozitīva konstante.

Gaismas intensitāte ārpus kūļa (t. i., pie $y > y_{max}$ un $y < y_{min}$) vienāda ar 0. Lodītes centra koordināte atbilst *y* = 0 punktam (t. i., atrodas pretī vislielākajai gaismas intensitātei), taču gaismas kūļi ir nesimetriski: $|y_{max}| < |y_{min}|$.

Nosaki rezultējošo spēku, kādu uz lodīti rada šādu gaismas kūļu laušana. Var pieņemt, ka maziem leņķiem α izpildās sakarība $sin\alpha = \alpha$. **[2 p]**



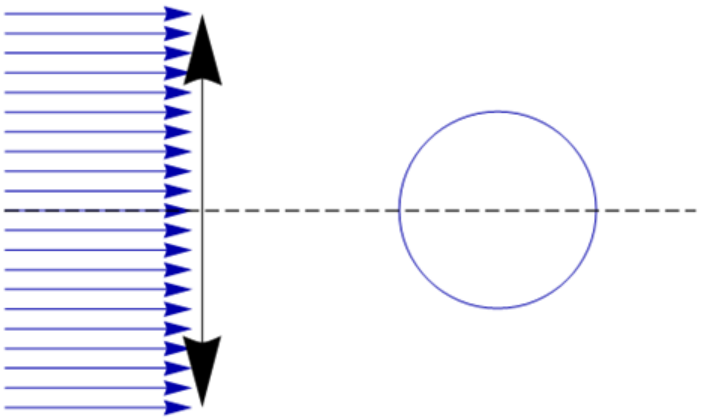
209. att.

E Manipulēšana ar lodīti, izmantojot divus gaismas starus, ir tehniski sarežģīta. Tādēļ mūsdienu optiskajās pincetēs tiek izmantota modificēta shēma ar vienu staru un spēcīgu optisko lēcu. Tādēļ aplūkosim situāciju, kur pirms lodītes tiek novietota spēcīga savācējlēca.

Uz lēcu krīt staru kūlis, kas paralēls lēcas optiskai asij un kur gaismas intensitāte ir sadalīta vienmērīgi. Lodīte atrodas uz lēcas optiskās ass, un *nedaudz pirms lēcas fokusa* (t. i., starp lēcu un tās fokusu, sk. 210. attēlu).

Kādā virzienā būs vērsts rezultējošais lodītē lauzto staru radītais spēks? **[2 p]**

F Kādā virzienā būs vērsts rezultējošais lodītē lauzto staru radītais spēks iepriekšējā uzdevuma punktā (E) aprakstītajā situācijā, ja lodīte tiks novietota *nedaudz aiz lēcas fokusa*? **[1 p]**



210. att.

V2019-12-3. MĒRVIENĪBAS

Starptautiskā mērvienību sistēmā SI ir septiņas pamatmērvienības: metrs, sekunde, kilograms, ampērs, kelvins, kandela un mols, kas ir izvēlētas pēc zinātnieku vienošanās. Visas citas mērvienības ir pamatmērvienību atvasinātas mērvienības.

Piemēram, kulons ir atvasinātā SI mērvienība, kuru izsaka izmantojot definīciju: kulons ir tāds elektriskais lādiņš, kas izplūst caur vadītāja šķērsgriezumu vienā sekundē, ja strāvas stiprums vadītājā ir viens ampērs, un izmantojot pamatvienības ir pierakstāms šādi.

$$1\ [C] = 1\ [\mathrm{A}] \cdot 1[\mathrm{s}]$$

Lux ir vienāds ar sfēras virsmas apgaismojumu, kura rādiuss ir 1 m un ko rada punkta centrā esošais gaismas avots, kura intensitāte ir 1 cd, tāpēc izmantojot pamatvienības ir pierakstāms šādi:

$$1\ [lx] = \frac{1\ [\mathrm{cd}]}{1\ [\mathrm{m}^2]}$$

Līdzīgi iegūst citas nepieciešamās mērvienības. Svarīgi ir atcerēties, ka fizikas pamatvienādojumos esošo fundamentālo konstanšu G, ε_0, μ_0, k, … skaitliskās vērtības nosaka vēsturiski izdarītā SI pamatmērvienību, precīzāk, etalonu, izvēle.

Kontaktiem ar citplanētiešiem zinātnieki piedāvā izmantot tādas mērvienības, kuras nebūtu saistītas ar Zemes civilizācijas vēsturi, bet gan būtu universālas visā Visumā. Ātrumu vajadzētu mērīt gaismas ātruma vienībās, savukārt, vispasaules gravitācijas likumā fundamentālajām dabas konstantēm nevajadzētu būt. Šādā mērvienību sistēma – garuma, laika un masas vienības l_p, t_p un m_p būs atvasinātās mērvienības un to skaitliskās vērtības SI vienībās var noteikt, kombinējot gaismas ātrumu $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s, gravitācijas konstanti $G \approx 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m^2/kg^2 un Planka konstanti $\hbar \approx 1{,}05 \cdot 10^{-34}$ J·s (reducētā Planka konstante, kas saistīta ar Planka konstanti sekojoši: $\hbar = \frac{h}{2\pi}$). Šīs vienības l_p, t_p un m_p sauc par Planka vienībām.

Piemēram, ja jāizsaka ātrums ar Planka vienībām, tad $v = \frac{l}{t}$ jeb viena garuma un viena laika vienība dod vienu ātruma vienību: $c = \frac{l_p}{t_p}$

A Pieraksti [N] un [J] mērvienības ar SI sistēmas masas [kg], garuma [m] un laika [s] pamatmērvienībām. **[2 p]**

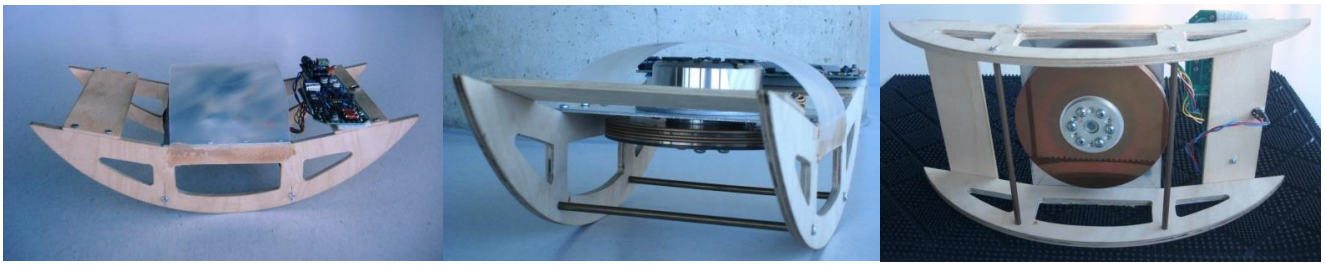
B Izsaki reducētās Planka konstantes $\hbar$ un gravitācijas konstantes G mērvienības tikai ar masas [kg], garuma [m] un laika [s] mērvienībām. **[2 p]**

C Izsaki garuma l_p, laika t_p un masas m_p Planka vienības, izmantojot fundamentālās konstantes c, G un $\hbar$. **[3 p]**

D Izrēķini Planka vienību l_p, t_p un m_p skaitliskās vērtības [m], [s] un [kg] mērvienībās. **[3 p]**

Eksperimentālā kārta. Demonstrējums.
V2019-12-D. SPARARATS ŠŪPOLĒS

Izveidots priekšmets ar divām noapaļotām sliecēm, kurš var svārstīties līdzīgi rotaļu zirdziņam vai šūpuļkrēslam (211. att.) Tā vidusdaļā atrodas spararats, kas ir nostiprināts uz vertikāli vērstas dzinēja ass. Dzinēja un tā barošanas bloka vienīgā funkcija ir nodrošināt vienmērīgu spararata rotāciju.



211. att.

Uzdevumā ir jāapskata tikai priekšmeta kustība kopumā. Vērojiet demonstrējumu un atbildiet uz sekojošiem jautājumiem.

Neiegriežot spararatu.

A un **B.** *Priekšmets ir novietots uz gumijas paklājiņa. Tā viens gals tiek pacelts un palaists vaļā. Demonstrējums tiek atkārtots pakāpeniski palielinot sākotnējās novirzes amplitūdu. Demonstrējums tiek atkārtots bez gumijas paklājiņa.*

A1 Kādi spēki darbojas uz priekšmetu, kad tas ir izvirzīts no līdzsvara stāvokļa un palaists vaļā? **[1 p]**

A2 Kāpēc neiešūpinātā priekšmeta līdzsvara stāvoklis ir stabils pret mazām novirzēm? **[1 p]**

A3 Cik lielam ir jābūt balsta liekuma rādiusam, lai līdzsvara stāvoklis būtu stabils? **[1 p]**

B1 Lai labāk saprastu gumijas paklājiņa lomu, iedomājies un apraksti, kādas būtu priekšmeta svārstības divos robežgadījumos – uz pilnīgi slīdošas un uz pilnīgi neslīdošas virsmas? Ar ko šīs divas idealizētās situācijas atšķirsies? **[1 p]**

B2 Demonstrējumā ir redzams, ka pie mazām amplitūdām priekšmeta svārstības uz grīdas un uz paklāja notiek līdzīgi. Savukārt pie lielākām sākotnējām novirzēm kustība uz grīdas ir sarežģītāka. Apraksti un izskaidro novēroto! **[1 p]**

Ar iegrieztu spararatu

C *Paceļot priekšmeta vienu sānu tā, lai tas balstās tikai uz vienas slieces, var panākt nestabila līdzsvara stāvokli. Palaižot vaļā priekšmetu ar neiegrieztu spararatu, tas gāžas uz vienu vai uz otru pusi, atkarībā no sākotnējā pacelšanās leņķa – pirms vai aiz nestabila līdzsvara stāvokļa. Atkārtojot šo eksperimentu ar iegrieztu spararatu, gāšanās notiek ievērojami savādāk.*

C1 Kāpēc ar iegrieztu spararatu gāšanās no nestabila līdzsvara stāvokļa ir tik jocīga? Apraksti un izvērsti izskaidro novēroto! **[2 p]**

C2 Ar ko atšķiras priekšmeta ar iegrieztu spararatu kustība, salīdzinot situācijas, kad priekšmetu palaiž vaļā pirms līdzsvara punkta vai aiz tā? Kāpēc? **[1 p]**

D *Priekšmets atrodas uz gumijas paklājiņa. Atbalstot priekšmetu uz viena gala abu slieču galapunktiem, otru galu paceļ maksimāli augstu, gandrīz sasniedzot nestabila līdzsvara stāvokli, un tad palaiž vaļā. Pēc tam demonstrējums tiek atkārtots uz grīdas.*

D1 Kāpēc palaižot priekšmetu vaļā no gandrīz vertikāla stāvokļa uz gumijas paklājiņa tas nogāžas uz viena sāna, bet uz grīdas – nostājas uz abām sliecēm? **[2 p]**

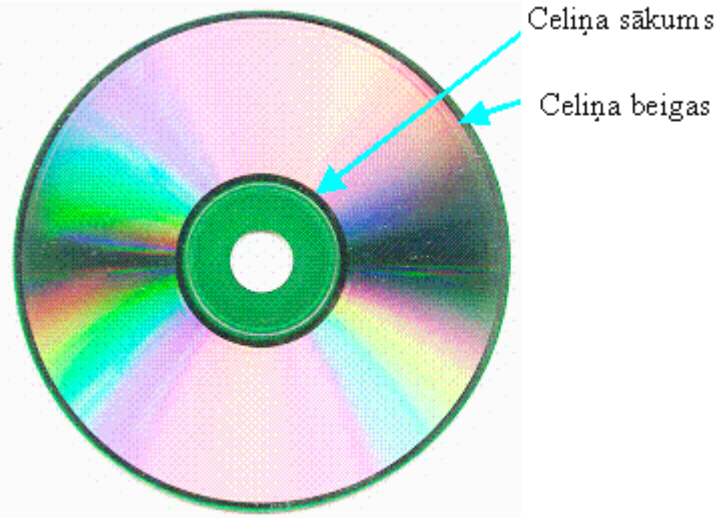
Eksperimentālais uzdevums
V2019-12-E. MŪZIKAS IERAKSTA GARUMS KOMPAKTDISKĀ

Uzdevums

Noteikt maksimālo mūzikas ieraksta garumu dotajam kompaktdiskam!

Dota kompaktdiska matrica, kurā iepresēts gluds, spirālveida celiņš, skat. 212. un 213. attēlu. Ieraksta laikā lāzera stars pārvietojas ar nemainīgu ātrumu v = 1,25 m/s attiecībā pret diska celiņu.

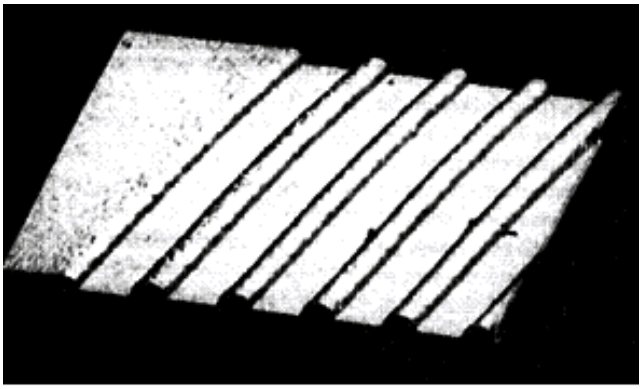
Pieņemot, ka skaņas ieraksta sākums un beigas sakrīt ar spirālveida celiņa sākumu un beigām, Jums jānosaka maksimālais iespējamais mūzikas ieraksta ilgums šajā diskā.



212. att.

Darba piederumi:

- kompaktdiska matrica;
- lāzeru rādītājs, kura starojuma viļņa garums ir 650 nm;
- dēlītis, kurš izmantojams arī kā ekrāns;
- lāzera turētājs nostiprināts uz dēlīša;
- mērlente.



Celiņa daži pēdējie vijumi mikroskopā.

213. att.

Uzmanību!

- Nekādā gadījumā nepieļaut tieša vai atstarota lāzera stara trāpījumu acī ne sev, ne citiem! Tā var nopietni sabojāt redzi.
- Lāzera rādītāju ieslēgt tikai mērīšanas brīdī.

Piezīme

- Lāzeru rādītāju var nofiksēt ieslēgtā stāvoklī, ja ieliek turētājā tā, lai tas vienlaicīgi piespiestu arī slēdža pogu.
- Ja stars kļuvis vājš, jālūdz apmainīt lāzerītis.

2019./2020. mācību gads – Latvijas 70. fizikas olimpiāde

Novada olimpiāde – 2020

9. klase

N2020-9-1. BRAUCAM AR SABIEDRISKO

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Klimata pārmaiņas ir sasniegušas tādu mērogu, ka zinātnieki to dēvē par klimata krīzi. Šobrīd lielu daļu no "oglekļa pēdas nospieduma" veido transports. Strauja pāreja no personīgā autotransporta uz citiem – videi draudzīgākiem transporta veidiem, var veicināt ne tikai siltumnīcas efekta gāzu emisiju samazināšanos, bet arī pilsētas tēla un iedzīvotāju veselības uzlabošanos.

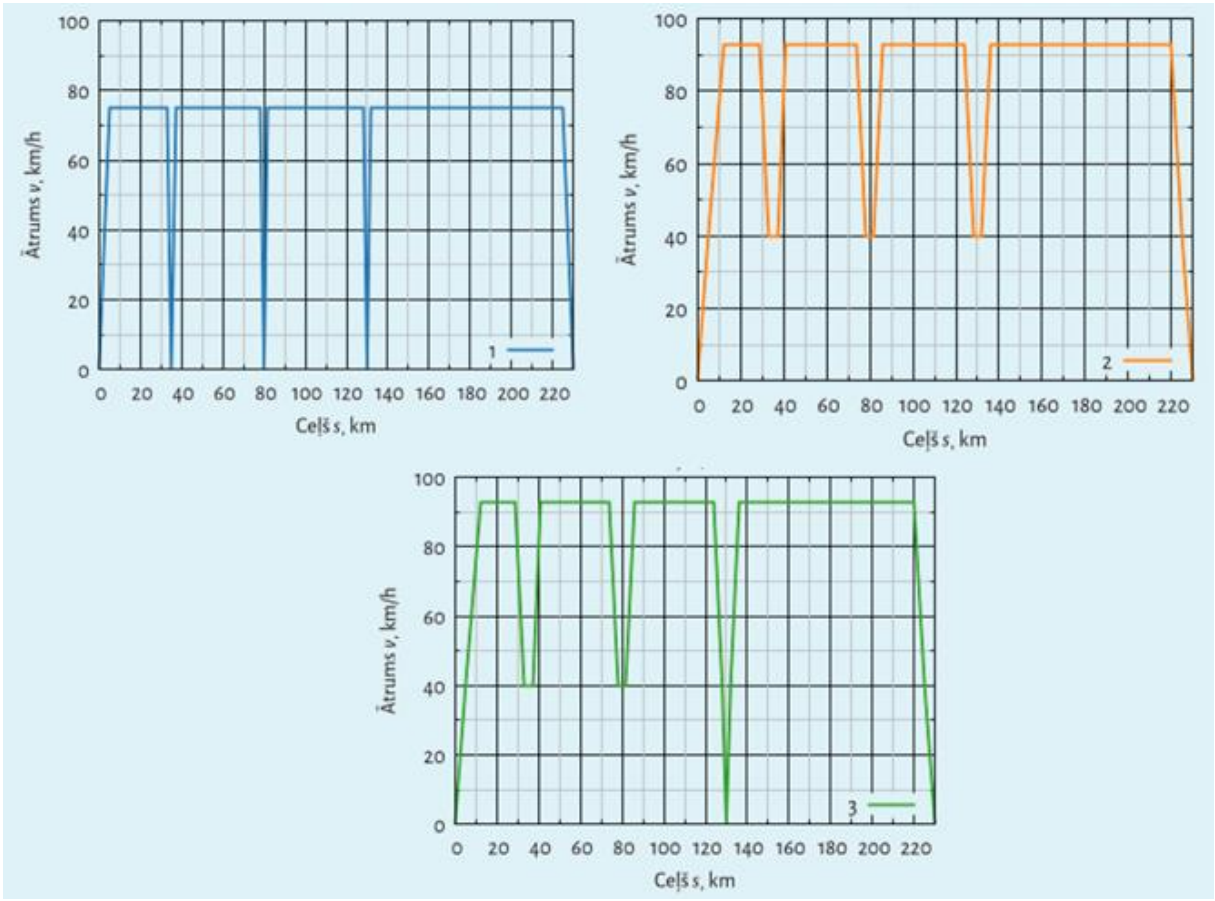
Šajā uzdevumā pētīsim atšķirības starp pārvietošanās ātrumiem ar sabiedrisko transportu, velosipēdu un automašīnu.

1. Apskatīsim trīs veidus, kā nokļūt no Rīgas uz Daugavpili

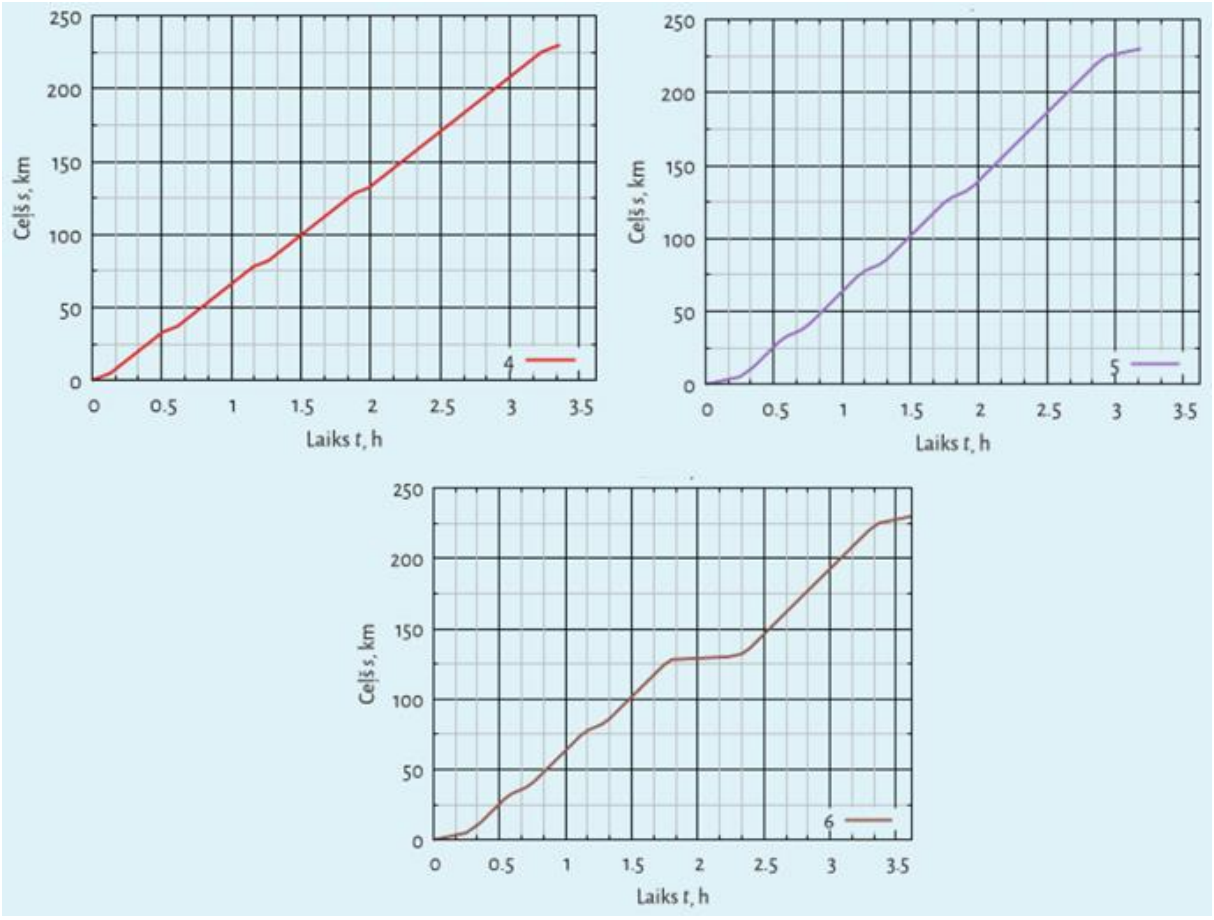
   1) Ar automašīnu, kuras kustības vidējais ātrums ārpus pilsētām ir 90 km/h, bet pilsētu robežās tikai 40 km/h (luksoforu, krustojumu un ātruma ierobežojumu dēļ).

   2) Ar automašīnu, kura brauc ar ātrumu tāpat kā (1) gadījumā, bet kuras vadītājs apstāsies Jēkabpilī, lai uzpildītu degvielu un paēstu, veltot šai pauzei 20 minūtes.

   3) Ar vilcienu, kura maksimālais atļautais ātrums ir vienāds pilsētās un ārpus tām.



214. att.



215. att.

Ir doti šos trīs pārvietošanās veidus raksturojoši grafiki: ātruma maiņa atkarībā no veiktā ceļa (214. att.) un ceļa maiņa laikā (215. att.).

A Kurā 214. att. grafikā ir attēlots

- vilciena kustības ātrums. **Atbilde:** 1/2/3 **[0,25 p]**
- mašīnas kustības ātrums, kura neapstājās Jēkabpilī. **Atbilde:** 1/2/3 **[0,25 p]**

B Kurā 215. att. grafikā ir attēlots:

- vilciena veiktais ceļš. **Atbilde:** 4/5/6 **[0,25 p]**
- mašīnas veiktais ceļš, kura apstājās Jēkabpilī. **Atbilde:** 4/5/6 **[0,25 p]**

C Izmantojot grafikus, kuri doti A un B jautājumos, noskaidrojiet:

- Kurš transporta līdzeklis veic lielāku attālumu pirmajās 10 minūtēs – vilciens vai mašīna? **Atbilde:** vilciens/mašīna **[0,5 p]**
- Cik ilgi mašīna brauc no Rīgas līdz Jēkabpilij? **Atbilde:** t = ☐ min **[0,5 p]**
- Kurš transporta līdzeklis ir tuvāk Daugavpilij laikā t = 2 h 30 min pēc izbraukšanas no Rīgas? **Atbilde:** vilciens/mašīna, kas neapstājas/mašīna, kas apstājas Jēkabpilī **[0,5 p]**
- Kuram transporta līdzeklim ir lielāks ātrums laikā t = 2 h 10 min pēc izbraukšanas no Rīgas? **Atbilde:** vilcienam/mašīnai, kas neapstājas/mašīnai, kas apstājas Jēkabpilī **[0,5 p]**

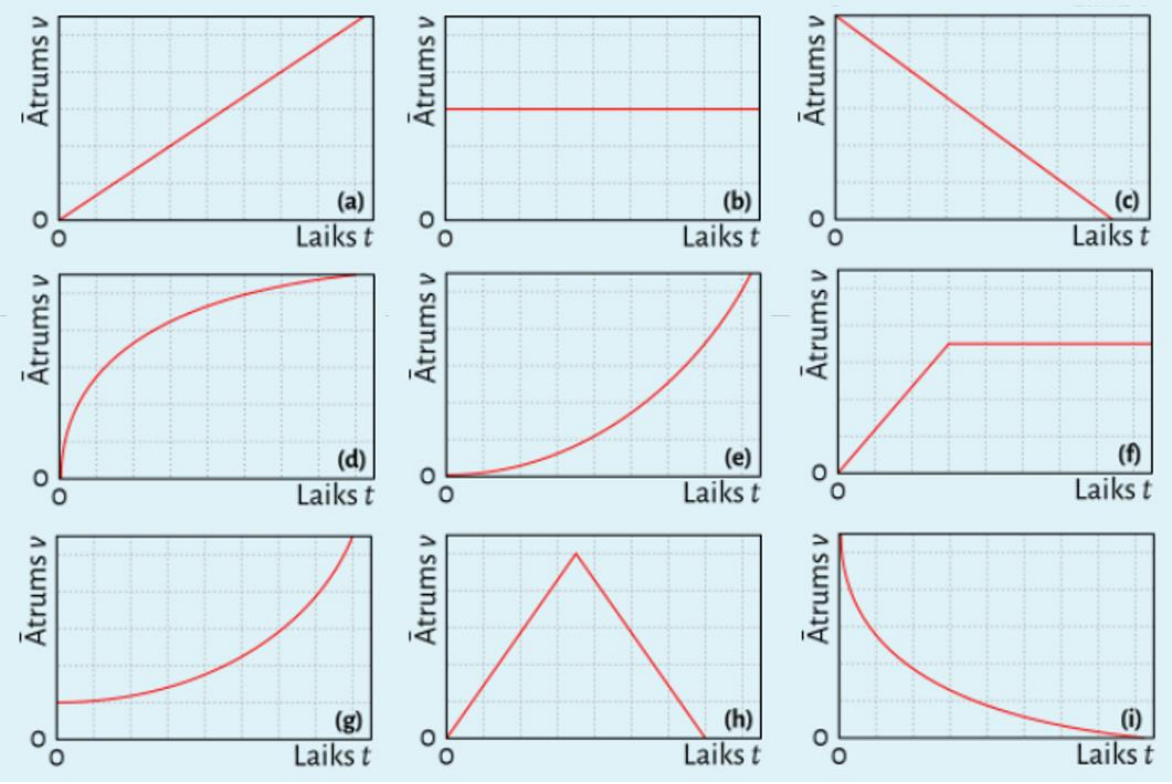
D Izmantojot grafikus, kuri doti A un B jautājumā, novērtējiet katra transportlīdzekļa vidējo ātrumu braucienā no Rīgas līdz Daugavpilij:

- Vilciena vidējais ātrums **Atbilde:** v_v = ☐ km/h **[0,5 p]**
- Automašīnas, kas apstājas Jēkabpilī, vidējais ātrums **Atbilde:** v_{a1} = ☐ km/h **[0,5 p]**
- Automašīnas, kas neapstājas līdz Daugavpilij, vidējais ātrums **Atbilde:** v_{a2} = ☐ km/h **[0,5 p]**

E Vienlaicīgi ar vilciena izbraukšanu no Rīgas, no Daugavpils izlido helikopters un lido virs dzelzceļa sliedēm ar konstantu ātrumu 230 km/h. Izmantojot grafikus, novērtējiet, cik tālu no Rīgas helikopters atradīsies tieši virs vilciena?

Atbilde: *s* = ☐ km **[1 p]**

2. Aplūkosim kustības sākumu, kad automašīna uzsākot kustību no miera stāvokļa pakāpeniski palielina ātrumu.



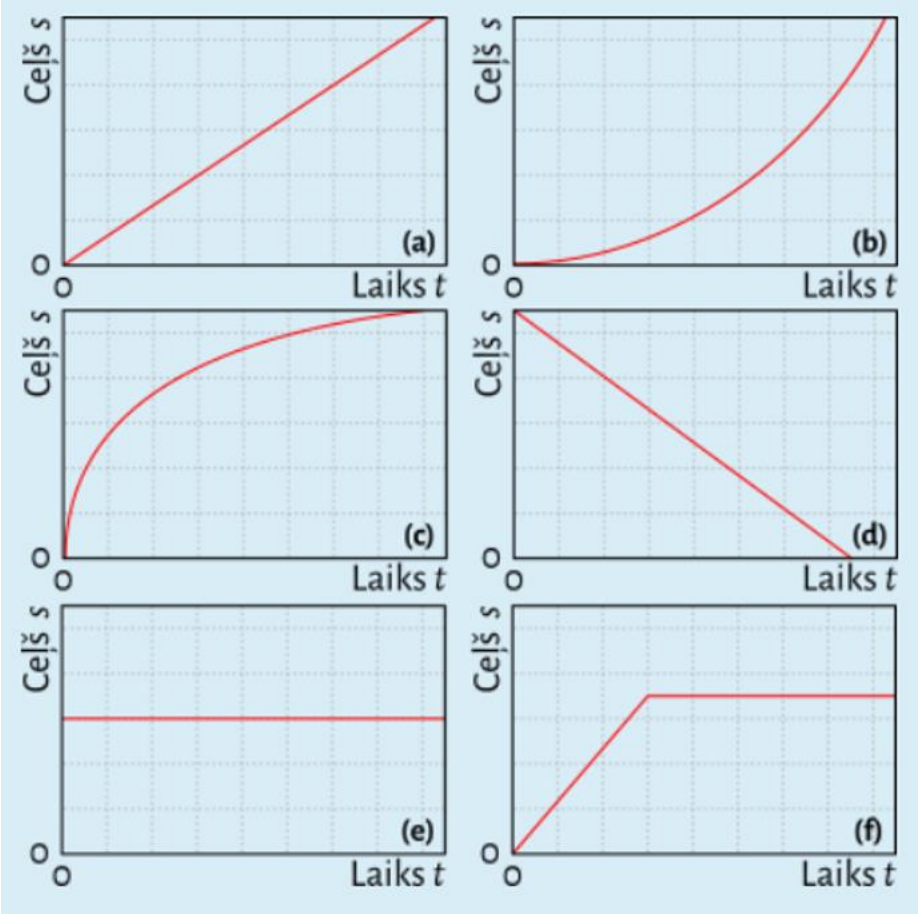
216. att.

A Grafikos (216. att.) attēlota automašīnas ātruma v maiņa laikā *t*. Kurš (vai kuri) no grafikiem atbilst automašīnas kustībai, uzsākot kustību no miera stāvokļa un pakāpeniski palielinot ātrumu?

Atbilde: [1 p] a/b/c/d/e/f/g/h/i

B Grafikos (217. att.) attēlota automašīnas veiktā ceļa *s* maiņa laikā *t*. Kurš (vai kuri) no grafikiem atbilst mašīnas kustībai, uzsākot kustību no miera stāvokļa un pakāpeniski palielinot ātrumu?

Atbilde: [0,5 p] a/b/c/d/e/f/



217. att.

3. Aplūkosim vilciena kustību (218. att.), sākot no Rīgas stacijas (apzīmēta ar S), kur vilcienā iekāpa pasažieri. Kartē ar melnu punktu ir apzīmēta vilciena atrašanās vieta ik pēc minūtes.

218. att.

Kāda ir vilciena kustība posmā no Rīgas stacijas līdz Dienvidu tiltam?

Atbilde: [0,5 p]

- Vienmērīga
- Paātrināta
- Palēnināta
- Sākumā paātrināta, pēc tam palēnināta
- Sākumā palēnināta, pēc tam paātrināta

4. Apskatīsim pārvietošanos ar dažādiem transporta līdzekļiem Rīgas robežās. Uzdevumā dotās vērtības atbilst tipiskajiem transporta ātrumiem darbadienu rītos, apmēram 8:00. Vilciens brauc no stacijas "Imanta" līdz Rīgas Centrālajai stacijai 15 minūtes. Automašīna veic šo pašu attālumu 32 minūšu laikā, kustoties ar vidējo ātrumu 16 km/h.

A Cik liels ir vilciena vidējais ātrums?

Atbilde: v_{vid} = ☐ km/h **[0,5 p]**

B Uzdevuma autors brauc ar velosipēdu 3 km no Dižbārdu ciemata līdz Imantas stacijai, kur iekāpj vilcienā un dodas uz Rīgas centru. Ja viņš neslinkotu un ceļu līdz Rīgas centram veiktu ar velosipēdu, kopējais ceļā pavadītais laiks būtu par 20 min ilgāks. Cik liels ir velosipēda ātrums? Laiku, kas patērēts, gaidot vilcienu, var neievērot.

Atbilde: v = ☐ km/h **[1 p]**

N2020-9-2. MAKŠĶERĒŠANA

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Šajā uzdevumā apskatīsim fizikālās parādības, kas saistītas ar zivju ķeršanu – makšķerēšanu. Visos uzdevuma punktos, ja vien nav atrunāts savādāk, pieņemt, ka zivs ir pilnībā iegrimusi ūdenī, kā arī negrimst un nepeld uz augšu, bet atrodas kādā noteiktā dziļumā.

Brīvās krišanas paātrinājums g = 9,8 m/s^2, ūdens blīvums $\rho_{ū}$ =1020 kg/m^3 (sālsūdens).

1. Makšķernieks noķerto zivi ielika spainī ar ūdeni, kā rezultātā ūdens līmenis spainī paaugstinājās par Δh = 2 cm. Spainim ir cilindriska forma, tā rādiuss R = 20 cm.

A Cik liela ir zivs masa? **Atbilde:** m = ☐ kg **[1 p]**

B Cik liels ir zivs vidējais blīvums? **Atbilde:** ρ = ☐ kg/m^3 **[1 p]**

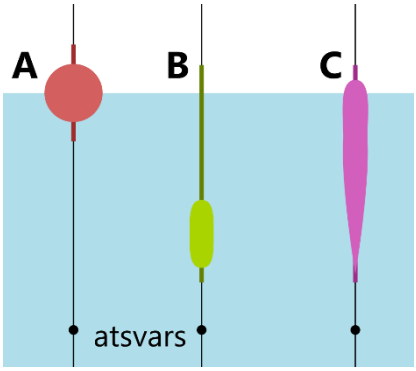
C Zināms, ka ūdens spiediens pieaug, palielinoties dziļumam. Kā mainās Arhimēda spēks, kas darbojas uz zivi, tai atrodoties dažādos dziļumos? Pieņemt, ka zivs tilpums nemainās.

Atbilde: [**1 p**]

- F_A pieaug, palielinoties dziļumam
- F_A samazinās, palielinoties dziļumam
- palielinoties dziļumam, F_A sākumā pieaug, pēc tam samazinās
- palielinoties dziļumam, F_A sākumā samazinās, pēc tam pieaug
- dažādām zivīm F_A var gan pieaugt, gan samazināties, palielinoties dziļumam
- F_A nav atkarīgs no dziļuma

2. Pludiņš notur ēsmu noteiktā dziļumā, kā arī ļauj noteikt, kad zivs ir pieķērusies.

A Trīs pludiņi ar vienādu pilno masu (ieskaitot atsvaru), bet atšķirīgu formu, peld, kā parādīts 219. attēlā. Salīdzināt savā starpā Arhimēda spēkus, kas uz tiem darbojas!



219. att.

Atbilde: [**1 p**]

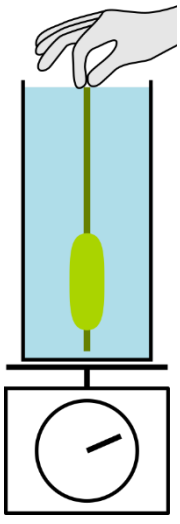
- vislielākais Arhimēda spēks darbojas uz pludiņu A, vismazākais – uz pludiņu B
- vislielākais Arhimēda spēks darbojas uz pludiņu A, vismazākais – uz pludiņu C
- vislielākais Arhimēda spēks darbojas uz pludiņu B, vismazākais – uz pludiņu C
- vislielākais Arhimēda spēks darbojas uz pludiņu B, vismazākais – uz pludiņu A
- vislielākais Arhimēda spēks darbojas uz pludiņu C, vismazākais – uz pludiņu A
- vislielākais Arhimēda spēks darbojas uz pludiņu C, vismazākais – uz pludiņu B
- uz visiem pludiņiem darbojas vienāds Arhimēda spēks

B Kuru no pludiņiem zivij ir visgrūtāk ievilkt zem ūdens?

Atbilde: [**1 p**]

- A
- B
- C
- A un B
- B un C
- A un C
- Visus vienādi grūti

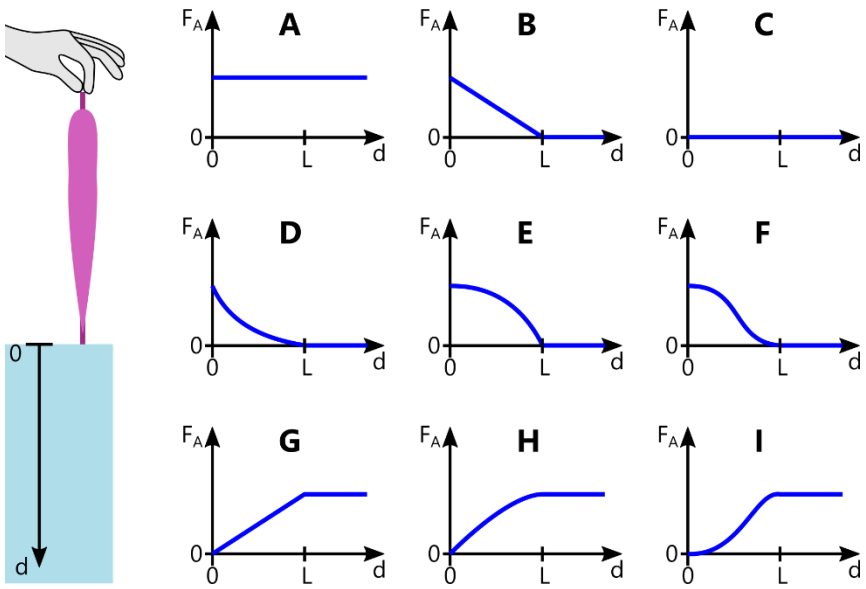
C Lai pārbaudītu pludiņa peldspēju, makšķernieks to paņēma rokā un iegremdēja traukā ar ūdeni, kas uzlikts uz svariem, skat. 220. attēlu. Kā izmainījās svaru rādījums, salīdzinot ar situāciju bez pludiņa?


220. att.

Atbilde: [**1 p**]

- Neizmainījās
- Palielinājās par pludiņa masu
- Samazinājās par pludiņa masu
- Palielinājās par pludiņa un rokas masas summu
- Samazinājās par pludiņa un rokas masas summu
- Palielinājās par pludiņa tilpuma un ūdens blīvuma reizinājumu
- Samazinājās par pludiņa tilpuma un ūdens blīvuma reizinājumu
- Palielinājās par pludiņa tilpuma un ūdens blīvuma reizinājuma un pludiņa masas summu
- Samazinājās par pludiņa tilpuma un ūdens blīvuma reizinājuma un pludiņa masas summu
- Nav iespējams pateikt

D Kurš no grafikiem 221. attēlā atbilst Arhimēda spēka atkarībai no dziļuma pludiņam C? Dziļums d = 0 atbilst situācijai, kad pludiņa apakšējais gals pieskaras ūdens virsmai, skat. 221. attēlu. Pludiņa garums ir L. **[1 p]**



221. att.

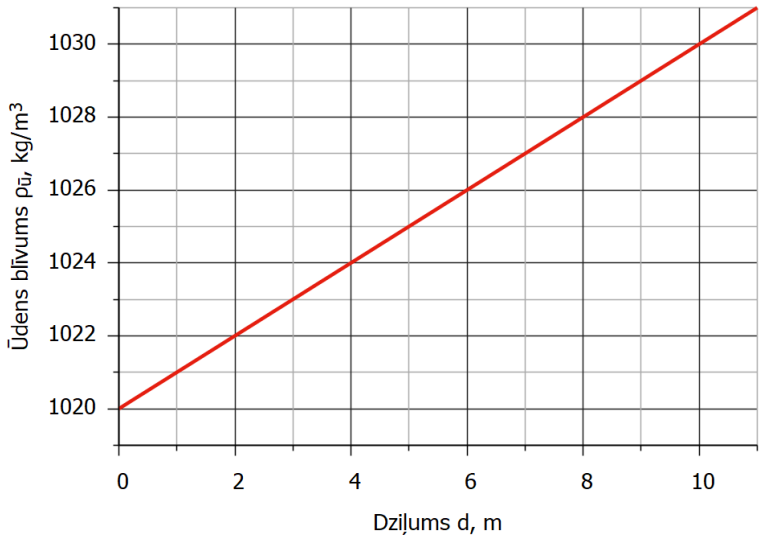
E Cik smags atsvars ir jāpieliek, lai pludiņš, kura masa m_p = 1 g, būtu iegrimis līdz pusei? Pieņemt, ka pludiņam ir cilindriska forma ar rādiusu R = 5 mm un garumu L = 8 cm.

Atbilde: m = ☐ g **[1 p]**

3. Zivs spēj mainīt savu peldspēju, izmantojot speciālu orgānu – peldpūsli.

Zināms, ka zivs tilpums pie izpūsta peldpūšļa ir V_1 = 9,56 litri, bet pie piepūsta -- V_2 = 9,59 litri. Kādā dziļumu intervālā makšķerniekam ir jāķer zivs, ja tās masa m = 9,8 kg un ūdens blīvums ir atkarīgs no dziļuma kā parādīts 222. attēlā?

Atbilde: d = no ☐ m līdz ☐ m **[1 p]**



222. att.

N2020-9-3. SILTUMS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Uzdevumā izmantoto vielu raksturlielumu vērtības

- kafijas dzēriena blīvums $\rho_{\text{kaf}} = 1\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
- kafijas dzēriena īpatnējā siltumietilpība $c_{kaf} = 4200\,\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot{}^0\text{C}}$
- ūdens īpatnējais iztvaikošanas siltums $L_{\text{ū}} = 22{,}6 \cdot 10^5\,\frac{\text{J}}{\text{kg}}$
- krūzes materiāla īpatnējā siltumietilpība $c_{\text{k}} = 800\,\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot{}^0\text{C}}$
- piena blīvums $\rho_{\text{p}} = 1{,}2\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
- piena īpatnējā siltumietilpība $c_{\text{p}} = 3930\,\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot{}^0\text{C}}$
- sasaldēta piena īpatnējais kušanas siltums $L_{\text{sp}} = 3{,}34 \cdot 10^5\,\frac{\text{J}}{\text{kg}}$
- sasaldēta piena īpatnējā siltumietilpība $c_{\text{sp}} = 3103\,\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot{}^0\text{C}}$
- sasaldēta piena kušanas temperatūra 0°C

Visos uzdevuma jautājumos pieņemsim, ka siltumapmaiņa ar apkārtējo vidi nenotiek.

1. Kafijas pauze

Anniņas mammai bija dzimšanas diena, tāpēc Anniņa vēlējās pārsteigt mammu ar kafiju un kūku. Sākumā Anniņa pagatavoja kafiju, izmantojot kafijas automātu.

Kafijas automāts katru reizi ielej precīzi 200 ml kafijas 90 °C temperatūrā. Anniņa pieņēma, ka kafijas blīvums un īpatnējā siltumietilpība kafijai un ūdenim ir vienādi, jo kafija pārsvarā sastāv no ūdens.

A Krūze visu nakti atradās istabā, kuras temperatūra ir 24°C. Anniņa krūzē ielēja kafiju no kafijas automāta. Cik liela būs līdzsvara temperatūra krūzei ar kafiju, ja krūzes masa ir 150 g?

Atbilde: $t_{\text{līdzsv1}}$ = ☐ °C **[1 p]**

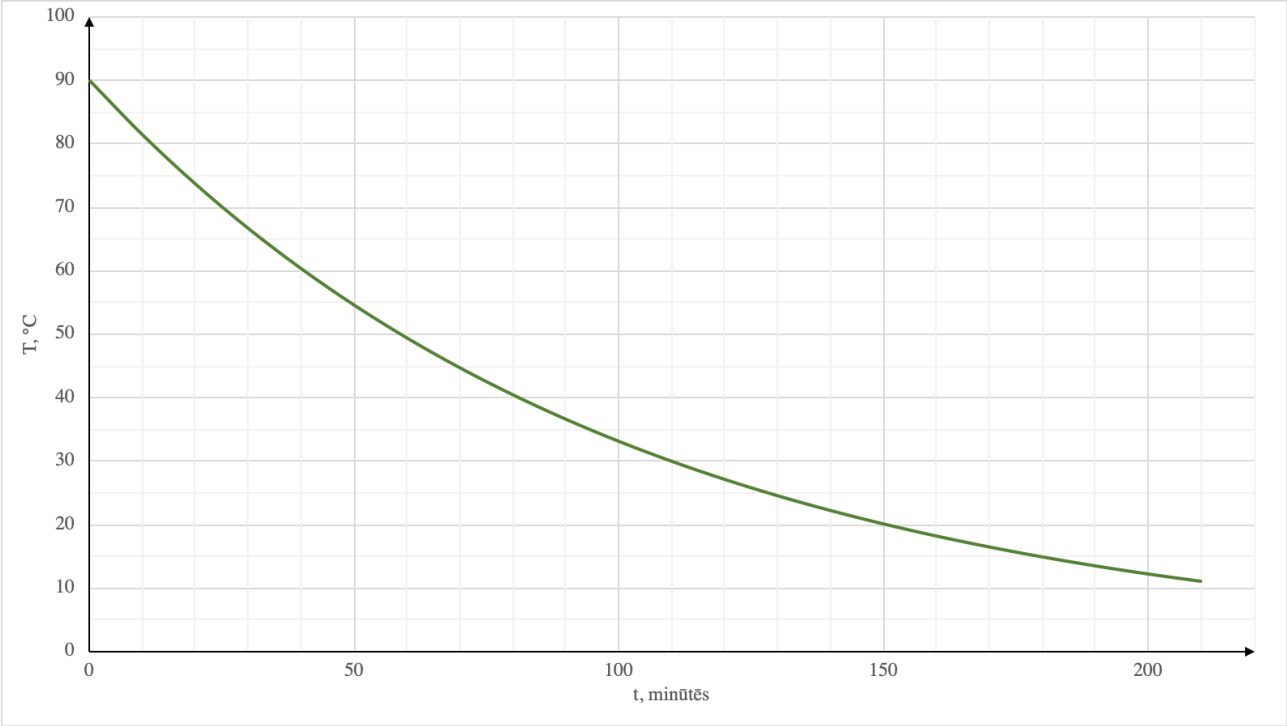
B Anniņa krūzē ielēja kafiju no automāta un nolēma kafijai pievienot sasaldēta piena gabaliņu.

Mammai patīk dzert kafiju ar pienu, bet ledusskapī bija palicis tikai no laukiem atvestais piens, kuru mamma sasaldē ledus gabaliņu formiņās, lai tas nesabojātos. Katra ledus gabaliņa izgatavošanai tika patērēti 8 cm^3 piena un ledusskapja saldētavā temperatūra iestatīta uz -18°C. Internetā Anniņa atrada, ka sasaldēta piena kušanas temperatūra ir 0 °C. Kamēr Anniņa meklēja informāciju, krūze ar kafiju mazliet atdzisa – līdz 75 °C temperatūrai. Anniņa iemeta kafijā vienu sasaldētā piena gabaliņu. Cik liela būs krūzē ielietās kafijas temperatūra, kad piena ledus gabaliņš būs pilnībā izkusis?

Atbilde: $t_{\text{līdzsv2}}$ = ☐ °C **[1 p]**

C Anniņa aiznesa mammai kafiju uz darbu. Kad Anniņa izgāja no mājas, kafijas sākuma temperatūra bija 75 °C. Anniņa ceļā no mājas līdz mammai pavadīja 20 minūtes. Anniņa skolas projektam bija veikusi pētījumu, kā mainās ūdens temperatūra atkarībā no laika, izmantojot šo pašu krūzi, tāpēc bija pārliecināta, ka kafija būs vēl pietiekami silta.

Izmantojot skolas pētījumā iegūto grafiku (223. att.), nosaki, cik liela būs kafijas temperatūra, kad Anniņa to būs aiznesusi mammai uz darbu.



223. att.

Atbilde: t = ☐ °C **[1 p]**

D Kad mamma noņēma vāciņu no krūzes, viņa ieraudzīja, ka uz vāciņa iekšpuses ir mazas ūdens lāses. Kā sauc šo ūdens lāšu izveidošanās procesu?

Atbilde: [1 p]

- kondensācija
- iztvaikošana
- sacietēšana
- kušana
- sublimācija
- desublimācija

2. Enerģijas patēriņš

Anniņa mammai nopirka gabaliņu kūkas "Cielaviņa ar ķiršiem", kuras enerģētiskā vērtība ir 1654 kJ uz 100 g. Kastītē esošā kūkas gabaliņa masa ir 120 g. Anniņas mamma zināja, ka vienas krūzes kafijas ar pienu enerģētiskā vērtība ir aptuveni 147 kJ. Viņa arī zināja, ka tikai aptuveni 20% no pārtikas enerģētiskās vērtības var tikt tērētas ar kustību saistītām fiziskām aktivitātēm, pārējā enerģija nepieciešama organisma darbības uzturēšanai un temperatūras saglabāšanai.

A Cik daudz enerģijas Anniņas mamma varēs patērēt fiziskām aktivitātēm (iešanai, skriešanai, kāpšanai pa trepēm u.tml.), kad izdzers kafiju un apēdīs visu kūkas gabaliņu?

Cik ilgi Anniņas mammai būtu jāskrien, lai sadedzinātu ar kafiju un kūku uzņemto enerģiju, ja skrienot vienā stundā tiek sadedzināti 4500 kJ enerģijas?

Atbilde: Q = ☐ J **[1 p]**; t = ☐ min **[1 p]**

B Cilvēks sportojot 25 minūšu laikā patērē 775 kJ lielu enerģiju, tāpēc ka no ādas virsmas iztvaiko ūdens. Anniņas mamma katru dienu skrien precīzi 7 minūtes no darba uz mājām. Cik daudz ūdens Anniņas mammai ir jāizdzer dienā, lai nezaudētu šķidruma līdzsvaru organismā pēc skriešanas?

Atbilde: m = ☐ kg **[1 p]**

3. Piena ledus gabaliņi

Uzdevumā izmantoto vielu raksturlielumu vērtības

- piena īpatnējā siltumietilpība $c_{\text{p}} = 3930\ \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot{}^{0}\text{C}}$
- sasaldēta piena īpatnējais kušanas siltums $L_{\text{sp}} = 3{,}34 \cdot 10^{5}\ \frac{\text{J}}{\text{kg}}$
- sasaldēta piena īpatnējā siltumietilpība $c_{\text{sp}} = 3103\ \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot{}^{0}\text{C}}$
- sasaldēta piena kušanas temperatūra 0°C

Visos uzdevuma jautājumos pieņemsim, ka siltumapmaiņa ar apkārtējo vidi nenotiek.

Anniņa gribēja izpētīt piena ledus īpašības. Viņa bija lasījusi, ka alpīnisti nekad neēd sniegu, bet vispirms to izkausē. Pētījumiem Anniņa izmantoja sasaldēta piena ledus gabaliņus, kura katra atsevišķa gabaliņa masa m_{p} = 10 g. Internetā Anniņa atrada, ka 10 g pilnpiena enerģētiskā vērtība ir 2520 J. Ledusskapja saldētavā temperatūra iestatīta uz -18 °C.

A Cik liels siltuma daudzums nepieciešams, lai izkausētu un sasildītu vienu piena ledus gabaliņu līdz cilvēka ķermeņa temperatūra – t = 37 °C.

Atbilde: Q = ☐ J **[1 p]**

B Cik liela ir augstākā temperatūra, līdz kurai cilvēka organisms var uzsildīt no ledusskapja izņemtu piena ledus gabaliņu, ja piena ledus gabaliņa uzsildīšanai tiktu izmantota enerģija, kas vienāda ar apēstā piena ledus gabaliņa enerģētisko vērtību?

Atbilde: t = ☐ °C **[1 p]**

C Anniņa bija lasījusi par tā saukto ledus diētu. Zaudējot 1 gramu tauku, ķermenim ir pieejami 38 kJ enerģijas fizisko aktivitāšu veikšanai. Cik grami tauku ir jāzaudē, lai pietiktu enerģijas no ledusskapja saldētavas izņemtu 7 piena ledus gabaliņu izkausēšanai un uzsildīšanai līdz cilvēka ķermeņa temperatūrai t = 37 °C. Pieņemsim, ka visa enerģija, kas rodas tauku patērēšanas procesā, tiek patērēta ledus izkausēšanai un uzsildīšanai.

Atbilde: m_{t} = ☐ g **[1 p]**

10. klase

N2020-10-1. SASTRĒGUMI

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Šajā uzdevumā aplūkosim, kas notiek, ja vairākas automašīnas atrodas uz ceļa ar vienu joslu. Attālums starp automašīnām tiek mērīts no vienas mašīnas priekšgala līdz otras mašīnas priekšgalam.

1. Automašīnas brauc pa lielceļu ar ātrumu 90 km/h un attālums starp jebkurām divām sekojošām automašīnām ir 50 m. Cik daudz automašīnas pabrauc garām 1 h laikā stāvošam novērotājam, kas stāv lielceļa malā?

Atbilde: $N =$ ☐ **[1 p]**

2. Automašīnas brauc pa ceļu ar ātrumu 90 km/h un attālums x_1 starp automašīnām ir 45 m. Cik liels ir attālums x_2 starp automašīnām, pēc tam, kad tās jau ir iebraukušas pilsētā un pārvietojas ar ātrumu 50 km/h?

Atbilde: $x_2 =$ ☐ m **[1 p]**

3. Automašīnas brauc pa ceļu ar vidējo ātrumu 90 km/h un attālums starp automašīnām ir 45 m. Uz šī ceļa viena mašīna apstājas tā, ka pārējās automašīnas netiek garām. Ar cik lielu ātrumu aug automašīnu rinda (sastrēgums) uz šī ceļa, ja attālums starp automašīnām sastrēguma laikā ir 6 m? Šajā jautājumā var pieņemt, ka katra no automašīnām apstājas nekavējoties, kad ir sasniegts 6 m attālums no priekšējās automašīnas.

Atbilde: ☐ km/h **[1 p]**

4. Sakārto zemāk aprakstītos veidus, kā nokļūt no mājām uz skolu – pēc tā, cik ļoti tie palielina satiksmes intensitāti (1 – palielina vismazāk, 4 – palielina visvairāk). Šajā uzdevumā ar satiksmes intensitāti tiek saprasts tas, cik daudz transporta līdzekļu izbrauc caur ceļa posmu noteiktā laikā (lielums, ko aprēķināji 1. jautājumā). Jo vairāk transporta līdzekļi izbrauc, jo lielāka satiksmes intensitāte.

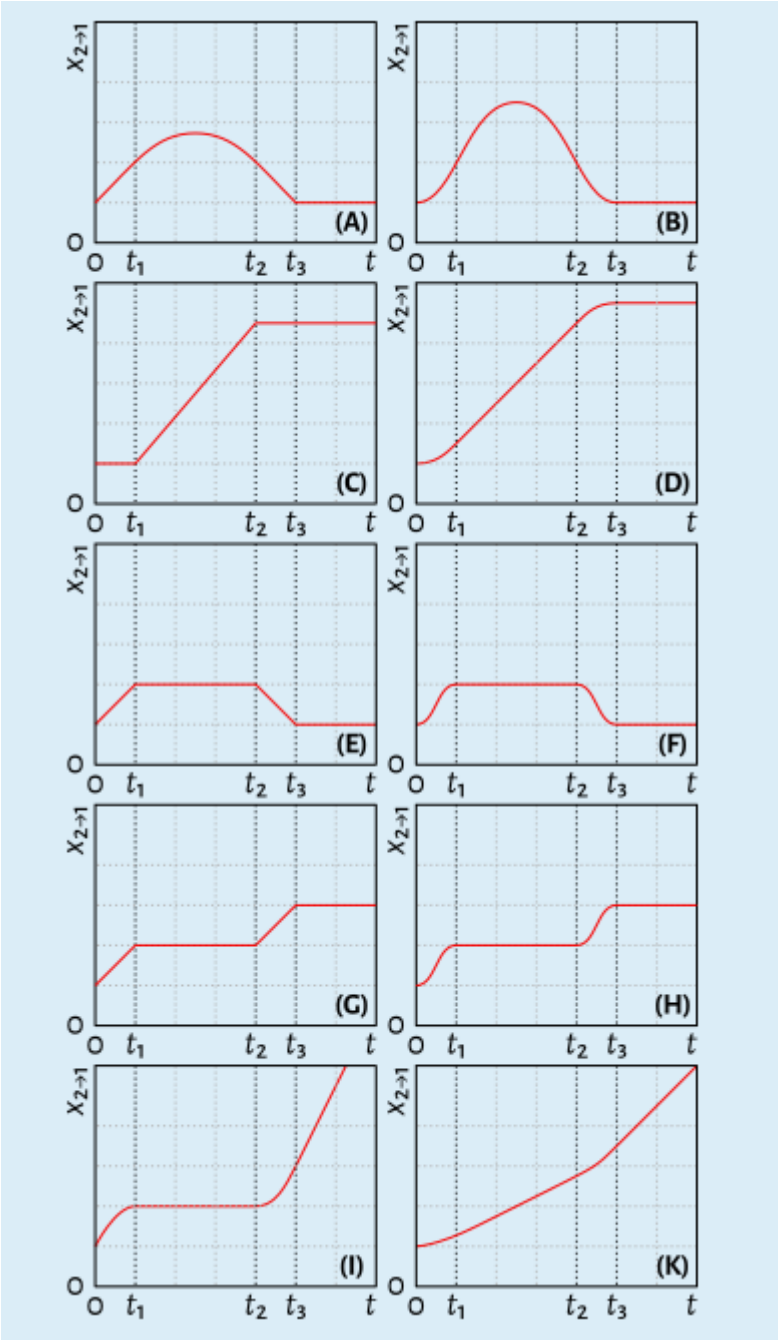
   Atbilde: [1 p]

   a) uz skolu Tu brauc ar sabiedrisko transportu
   b) uz skolu Tu ej ar kājām
   c) uz skolu Tu brauc ar taksometru kopā ar brāli, māsu un draugu
   d) uz skolu Tu brauc ar taksometru viens pats

5. Apskatīsim situāciju pilsētā pie luksofora. Ir izveidojusies automašīnu rinda, kur attālums starp automašīnām ir 6 m. Mašīnas pa vienai uzsāk braukt ar nemainīgu paātrinājumu, līdz sasniedz ātrumu 50 km/h un pēc tam brauc ar nemainīgu ātrumu. Nākamā automašīna uzsāk kustību, kad attālums no priekšā esošās automašīnas (priekšgala) ir 9 m (priekšējā automašīna ir nobraukusi 3 m).

Grafikos attēlots, ka priekšējā automašīna uzsāk kustību laika momentā t = 0 un laika momentā $t = t_2$ šī automašīna ir sasniegusi ātrumu 50 km/h. Otrā automašīna uzsāk kustību laika momentā $t = t_1$, un ir sasniegusi ātrumu 50 km/h laika momentā $t = t_3$. Pieņemsim, ka abām automašīnām ir vienādi paātrinājumi.

A Kurš 224. attēla grafiks vislabāk parāda, kā mainās attālums starp divām sekojošām automašīnām? **[1 p]**



224. att.

B Aprēķini laiku t_1, kurā otrā automašīna uzsāk kustību, ja zināms, ka ātrumu 50 km/h, tā sasniedz 10 sekunžu laikā, t. i. $t_3 - t_1 = t_2 = 10$ s.

Atbilde: t_1 = ☐ s **[1 p]**

6. Pie luksofora ir izveidojusies automašīnu rinda, kur attālums starp automašīnām ir 6 m. Pirmā automašīna uzsāk kustību laika momentā $t = 0$ un laika momentā $t = t_2$ šī automašīna ir sasniegusi ātrumu 14 m/s un turpina braukt ar nemainīgu ātrumu. Otrā automašīna uzsāk kustību laika momentā $t_1 = 1$ s (vērtība atšķiras no iepriekš izrēķinātās), un laika momentā $t = t_3$ ir sasniegusi ātrumu 14 m/s, tad turpina braukt ar nemainīgu ātrumu. Pieņemsim, ka abām automašīnām ir vienādi paātrinājumi $a = 2$ m/s^2 (vērtība atšķiras no iepriekš dotās).

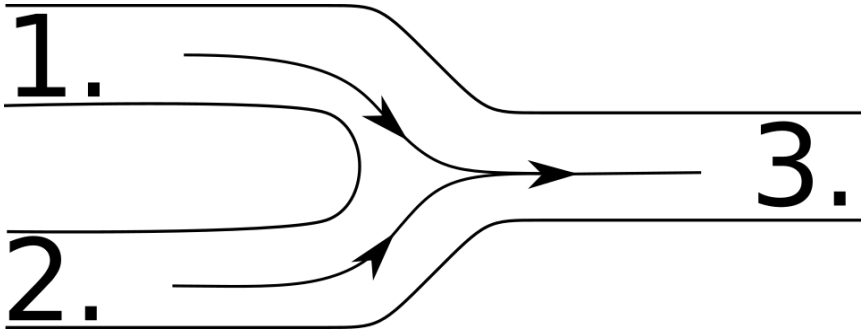
A Aprēķini attālumu starp automašīnām, kad tās abas brauc ar nemainīgu ātrumu 14 m/s.

Atbilde: $x =$ ☐ m **[1 p]**

B Luksofora zaļā gaisma spīd $t = 60$ s. Cik automašīnas šajā laikā pārbrauks krustojumu? Jāskaita tās automašīnas, kuras šajā laikā ir pārbraukušas pāri punktam, kurā stāvēja pirmā automašīna, kad iedegās zaļā gaisma luksoforā.

Atbilde: $N =$ ☐ **[1 p]**

7. Apskatīsim citu situāciju, kurā divi autoceļi (katrs ar vienu braukšanas joslu) saiet kopā izveidojot trešo ceļu ar vienu braukšanas joslu (225. att.).



225. att.

A Uz pirmā autoceļa attālums starp braucošām automašīnām ir 40 m, bet uz otra autoceļa attālums starp braucošām automašīnām ir 60 m. Cik liels būs vidējais attālums starp automašīnām uz trešā autoceļa, ja uz visiem trīs autoceļiem automašīnas pārvietojas ar vienu un to pašu ātrumu?

Atbilde: $x_3 =$ ☐ m **[1 p]**

B Uz pirmā ceļa braukšanas ātrums ir 3 km/h, bet uz otrā ceļa braukšanas ātrums ir 5 km/h. Cik liels būs braukšanas ātrums uz 3. ceļa, ja pieņem, ka attālums starp automašīnām ir vienāds uz visiem trim autoceļiem?

Atbilde: $v_3 =$ ☐ km/h **[1 p]**

N2020-10-2. *SLACKLINING* JEB PASTAIGA PA LENTI

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Slacklining ir virves staigāšanas paveids, kurā sportista uzdevums ir pārvietoties pa platu lenti, kuras platums ir no 2,5 līdz 5 cm. Galvenā atšķirība no klasiskās virves staigāšanas, ir tas ka izmantotā lente ir daudz mazāk nospriegota, kas pieredzējušiem sportistiem dod iespēju pa to lēkāt un izpildīt dažādus trikus.

226. att. *Foto: Stīvens A. Frosts (Steffen A. Frost)*

Lai izprastu fizikāli šo sporta veidu, apskatīsim dažādus trikus, ko izpilda sportisti, kā arī pieņemsim, ka lentes galos ir iestiprināti ideāli dinamometri A un B, kas norāda lentes sastiepuma spēku konkrētajā punktā.

Turpmākajos uzdevuma punktos uzskatīsim, ka F_A ir A dinamometra rādījums, F_B ir B dinamometra rādījums, F_g ir sportista smaguma spēks, kā arī dinamometra konstrukcijas garums ir neievērojams salīdzinājumā ar lentes garumu.

Attālums starp lentes iesiešanas punktiem jeb lentes sākotnējais garums ir d = 10 m, brīvās krišanas paātrinājums g = 10 m/s^2.

1. Sportists starp diviem kokiem vienādā augstumā no zemes ir iesējis lenti, kuras masa ir 100 g. Pie kāda nosacījuma lente būs nostiepta ideāli taisni attiecībā pret horizontu? F_L ir lentes smaguma spēks.

Atbilde: [1 p]

- $F_L = \sqrt{F_A^2 + F_B^2}$
- $F_A = F_B$
- $\frac{F_A}{F_B} = d$
- $\frac{F_B}{F_A} = d$
- $F_L = F_A + F_B$
- Nav iespējams tā nostiept lenti

Turpmākajos jautājumos, uzskatīsim, ka lentei nav masas.

2. Lentes šķērsgriezums ir taisnstūris ar malām 5 cm un 4 mm. Lentes materiāla Junga modulis ir 1 GPa. Sportists, sagatavojot lenti aktivitātei, ir nostiepis to horizontāli tā, ka A dinamometrs rāda 2 kN.

A Cik rādīs dinamometrs B?

Atbilde: F_B = ☐ kN **[0,5 p]**

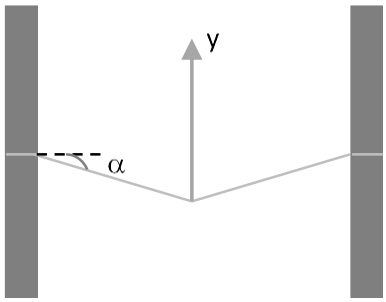
B Par cik centimetriem būs izstiepusies lente, salīdzinot ar tās sākotnējo garumu?

Atbilde: Δx = ☐ cm **[1 p]**

3. Sportists nostiprina citu lenti starp kokiem (stinguma koeficients atšķiras salīdzinājumā ar iepriekš apskatīto lenti). Sportista masa 80 kg. Viņš uzkāpj lentes vidū, un dinamometrs A rāda 2,2 kN.

A Cik rādīs dinamometrs B?

Atbilde: F_B = ☐ kN **[0,5 p]**

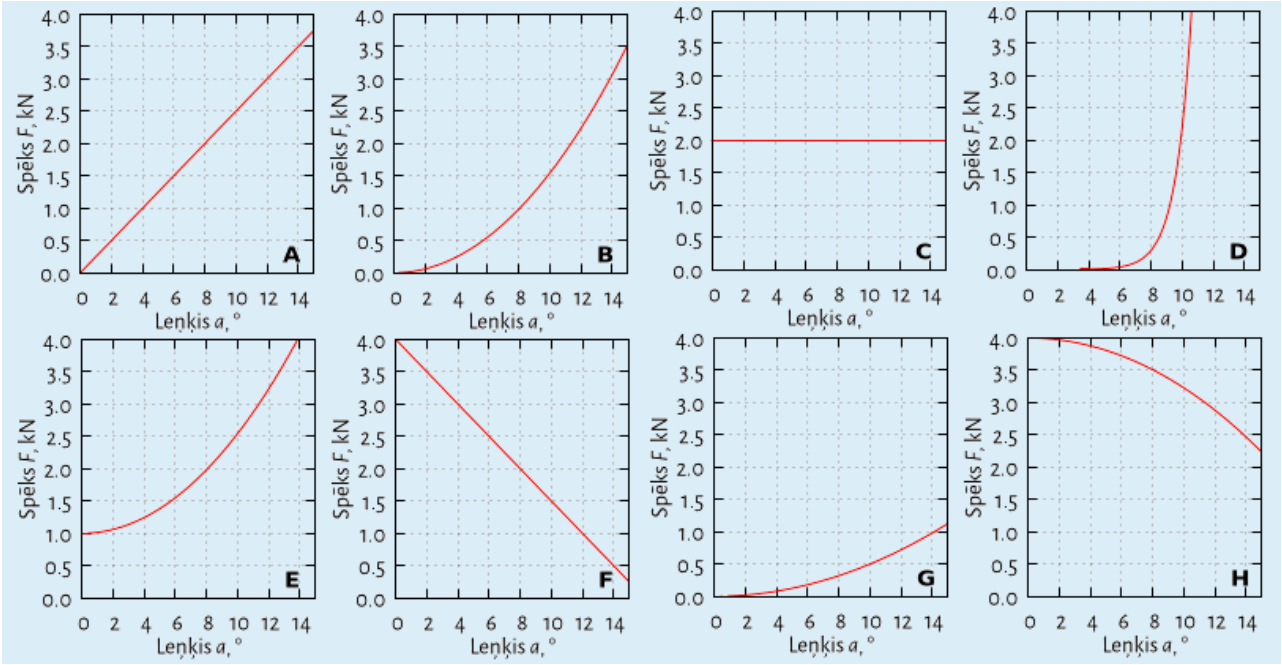


227. att.

B Par cik lielu leņķi ielieksies lente, salīdzinot ar sākotnējo situāciju, kad sportists vēl nebija uzkāpis uz lentes (227. att.)?

Atbilde: α = ☐ ° **[1 p]**

4. Sportists vēlas noteikt, kā mainās lentes sastiepuma spēks pie dažādiem lentes ieliekuma leņķiem. Kurš grafiks 228. attēlā raksturo lentes sastiepuma spēka atkarību no leņķa α pret horizontu, ja dotās lentes stinguma koeficients k = 10 kN/m? **[1 p]**



228. att.

5. Sportists izpilda triku, uz lentes atrodoties tuvāk dinamometram A nekā dinamometram B, tā ka lente pie dinamometra B izveido 9° leņķi pret horizontu un dinamometra B rādījums ir 1,5 kN. Sportista masa ir 80 kg.

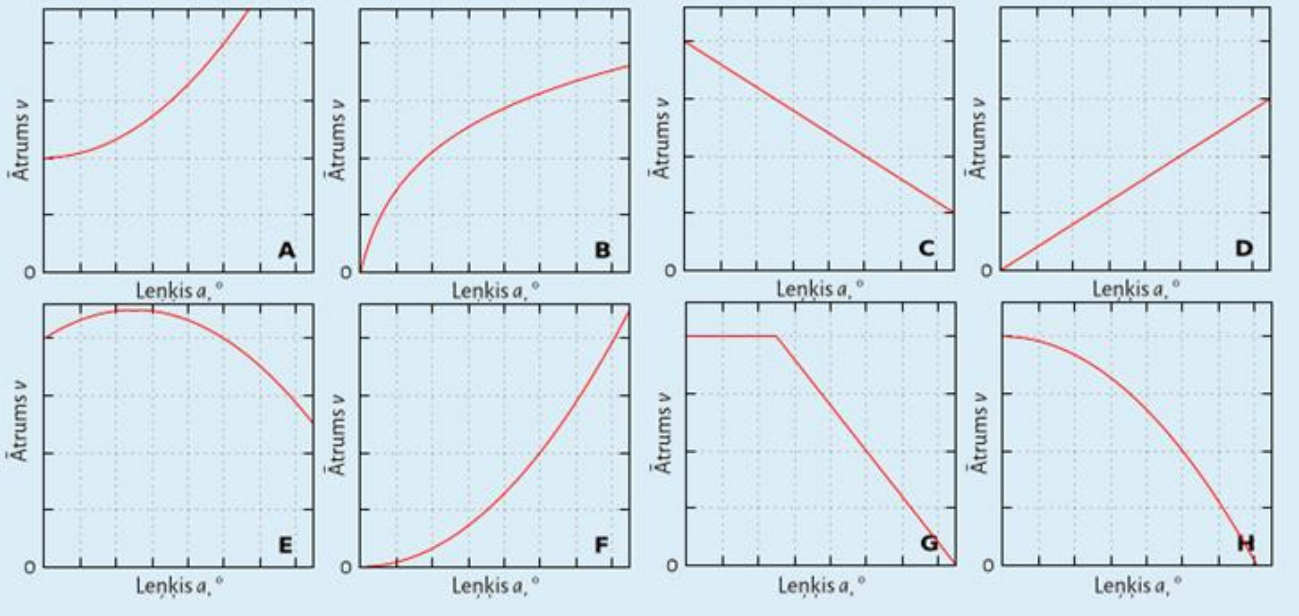
A Cik rādīs dinamometrs A?

Atbilde: F_A = ☐ kN **[1 p]**

B Cik lielu leņķi veidos lente attiecībā pret horizontu pie dinamometra A?

Atbilde: α = ☐ ° **[1 p]**

6. Sportists izmanto jaunu lentu, kuru neapraksta Huka likums, bet gan sakarība, kur rezultējošo atgriezējspēku uz sportistu apraksta vienādojums $F_s = 2k\alpha$. Sportists lēkā pa lenti tās vidū. Kurš grafiks 229. attēlā apraksta sportista ātruma atkarību no lentes ieliekuma leņķa α attiecībā pret horizontu brīdī, kad sportists, esot uz lentes, "krīt" uz leju? Pieņemsim, ka ātruma vektora pozitīvais virziens ir vērsts virzienā uz leju. **[1 p]**



229. att.

7. Sportists triku veikšanai izmanto to pašu lenti, ko iepriekš (skat. 6. jautājumu). Lentes stinguma koeficients *k* = 10 kN/rad. Sportists lēkā pa lenti tās vidū. Sportista masa m = 80 kg.

Sportists lec no x_0 = 1 m augstuma attiecībā pret lenti. Lente ieliecoties veic darbu, absorbējot krītošā sportista enerģiju. Šo darbu var aprēķināt, izmantojot sakarību $A = F_{vid} \cdot \Delta x$. Tā kā lente ielieksies pa relatīvi mazu leņķi, tad var uzskatīt, ka $tg\alpha \approx \alpha$, ja leņķis dots radiānos.

A Par cik lielu leņķi būs ieliekusies lente brīdī, kad sportists būs pilnībā apstājies?

Atbilde: α = ☐ rad **[1 p]**

B Par cik lielu attālumu būs ieliekusies lente brīdī, kad sportists būs pilnībā apstājies, salīdzinājumā ar sākuma stāvokli?

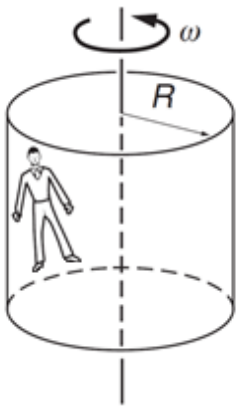
Atbilde: Δx = ☐ m **[1 p]**

N2020-10-3. ATRAKCIJU PARKS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

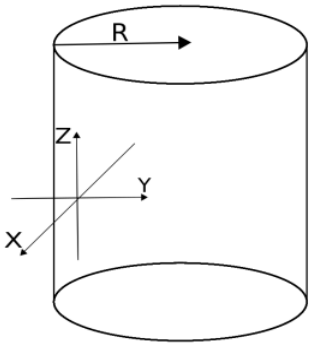
Atrakciju parkā ir karuselis "Graviton". Karuselis ir izveidots tā, lai braucēji, iekāpjot iekšā karuselī, atbalstās pret sienu un spēj pieturēties pie balsta, kas atrodas virs viņu galvām. Kādā brīdī, karuselim rotējot ar pietiekami lielu ātrumu, cilvēks vairs nespēj nokrist, lai gan vairs neturas, un viņu no apakšas nekas neatbalsta (230. att.).

Uzdevumā apskatītajās situācijās: 1) cilvēku var uzskatīt par masas punktu; 2) gaisa pretestību neņemam vērā.



230. att.

1. Modelēsim karuseli kā cilindru ar perpendikulārām sienām. Situāciju analizējam no novērotāja skatupunkta, kas atrodas ārpus karuseļa. Cilvēka masa m = 70 kg, brīvās krišanas paātrinājums g = 10 m/s^2, karuseļa rādiuss R = 5 m. (231. att.)



231. att.

A Norādi, kādā virzienā darbojas spēki uz cilvēku, karuselim rotējot, zīmējumā attēlotajā brīdī. Kā atskaites sistēmu, lieto zīmējumā norādītās asis, kurās cilvēks, tajā brīdī, atrodas koordinātu sistēmas sākumpunktā, asis nerotē. **[1 p]**

Spēks	+ x	- x	+y	-y	+z	-z	Nevienā no norādītajiem virzieniem	Tāds spēks neeksistē
Berzes spēks								
Smaguma spēks								
Balsta reakcijas spēks								
Kustības spēks								

B Karuselis rotē ar nemainīgu leņķisko ātrumu. Kā atkarībā no karuseļa rādiusa mainās centrtieces spēks?

Atbilde: [0,5 p]

- jo lielāks rādiuss, jo lielāks spēks
- jo mazāks rādiuss, jo lielāks spēks
- atkarībā no noteiktās situācijas
- spēks nav atkarīgs no rādiusa
- pieaugot rādiusam, sākumā spēka vērtība pieaug, pēc tam samazinās
- pieaugot rādiusam, sākumā spēka vērtība samazinās, pēc tam pieaug

C Uzstādot karuseli, pirms tajā ļauj kāpt iekšā cilvēkiem, tā darbība tiek pārbaudīta. Sasniedzot maksimālo ātrumu, karuseļa rotācijas periods ir T = 0,35 s. Aprēķini karuseļa rotācijas frekvenci, lineāro ātrumu un centrtieces paātrinājumu jebkuram punktam, kas atrodas uz karuseļa ārējās malas.

Atbilde: f = ☐ Hz **[0,5 p]**; v = ☐ m/s **[0,5 p]**; a_c = ☐ m/s^2 **[0,5 p]**

D Cilvēks atrodas karuselī. Cik lielam jābūt minimālajam leņķiskajam ātrumam, lai cilvēks nenokristu, bet paliktu stāvēt vertikāli pie sienas, ja berzes koeficients starp sienu un cilvēku ir $\mu = 0{,}5$?

Atbilde: $\omega_{\min}$ = ☐ rad/s **[1 p]**

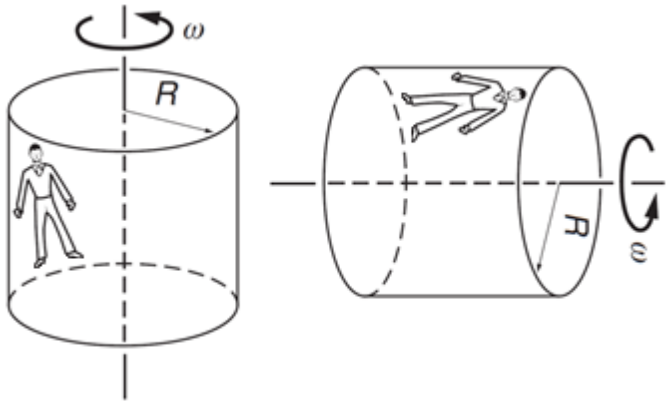
E Karuselis rotē ar leņķisko ātrumu ω = 8,6 rad/s. Cik apgriezienus ap savu asi karuselis būs veicis 25 sekunžu laikā?

Atbilde: N = ☐ apgriezienus **[1 p]**

F Cilvēks izjutīs pārslodzi un var nokļūt bezsamaņā, ja rotācijas kustībā viņš izjutīs rezultējošo paātrinājumu $a = 5g$. Cik liels būs karuseļa leņķiskais ātrums rotācijas kustībā, pie kura cilvēkam iestāsies pārslodze?

Atbilde: $\omega =$ ☐ rad/s **[1 p]**

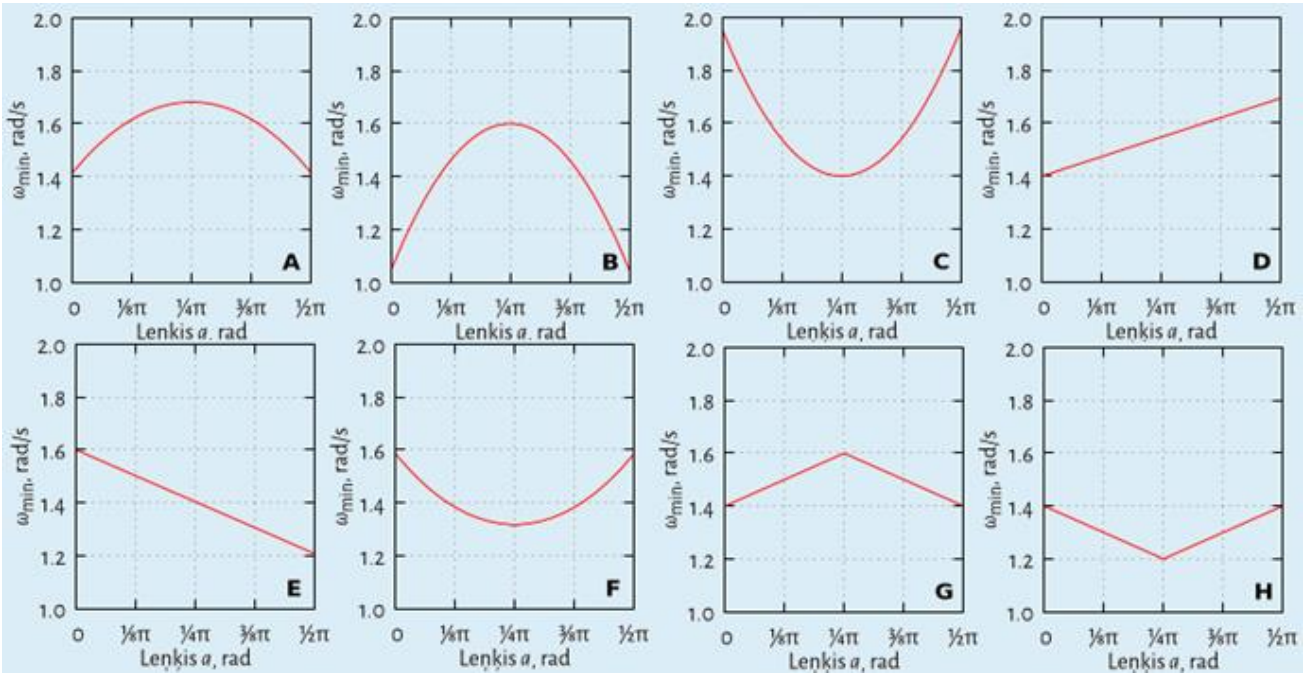
G Apskatīsim karuseli, kurš ne tikai rotē ap vertikālo asi, bet arī svārstās plaknē, kas perpendikulāra zemei, t. i. mainās leņķis, ko karuseļa rotācijas ass veido ar horizontālo plakni. Šis leņķis var mainīties robežās no 0 līdz $\pi/2$ rad.



232. att.

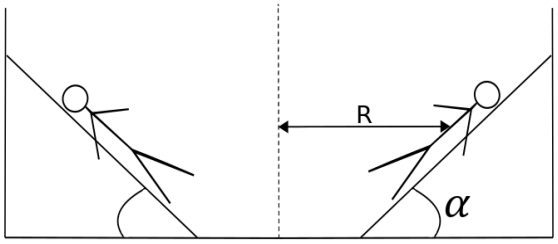
Ja karuselis atrodas sākuma stāvoklī, tad leņķis starp rotācijas asi un horizontālo plakni ir $\pi/2$ rad (232. attēls pa kreisi). Ja karuselis ir maksimāli novirzījies no sākuma stāvokļa, tad leņķis starp rotācijas asi un horizontālo plakni ir 0° (232. attēls pa labi).

Berzes koeficients starp sienu un cilvēku ir $\mu = 1$, ω_{min} – minimālais leņķiskais ātrums, lai cilvēks nenokristu rotācijas kustībā. Kurā 233. attēla grafikā ir attēlota leņķiskā ātruma ω_{min} atkarība no leņķa starp rotācijas asi un horizontālo plakni? **[1 p]**



233. att.

2. Parasti šādos karuseļos cilvēks atbalstās pret sienu, kas vērsta kādā leņķī attiecībā pret horizontu, t. i. cilvēks atrodas uz slīpās plaknes.



234. att.

Modelēsim karuseli kā cilindru, kurā iekšā atrodas slīpā plakne, kas ar horizontu veido α = 30° lielu leņķi. Cilvēks atrodas *R* = 5 m attālumā no rotācijas ass (234. att.). Berzes koeficients starp slīpo plakni un cilvēku $\mu = 0{,}5$.

A Cik liela ir minimālā leņķiskā ātruma vērtība ω_{min}, pie kuras cilvēks neslīdēs nost no plaknes?

Atbilde: $\omega_{\min}$ = ☐ rad/s **[1 p]**

B Cik liela ir maksimālā leņķiskā ātruma vērtība ω_{max}, pie kuras cilvēks neslīdēs nost no plaknes?

Atbilde: $\omega_{\max}$ = ☐ rad/s **[1 p]**

3. Uz rotējoša karuseļa horizontāla jumta atrodas klucītis, kas piesiets ar auklu pie karuseļa rotācijas ass. Kādā brīdī karuselis momentāni apstājas un tajā pašā brīdī pārtrūkst aukla, kas savieno klucīti ar rotācijas asi. Cik liels būs klucīša ātrums brīdī, kad tas atrausies no jumta malas? Auklas garums ir *r* = 4 m, jumta rādiuss *R* = 5 m. Pirms apstāšanās karuselis rotēja ar ω = 3 rad/s lielu leņķisko ātrumu. Berzes koeficients starp klucīti un jumta virsmu ir $\mu = 0{,}5$.

Atbilde: v_{beigu} = ☐ m/s **[1 p]**

11. klase

N2020-11-1. GAISA BURBULIS ŪDENĪ

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Gandrīz katrs ir redzējis, kā mazi burbuļi paceļas šķidrumā (piemēram, ogļskābās gāzes burbuļi gāzētos dzērienos), taču interesanti papētīt šos procesus tuvāk. Uzdevumā apskatīsim gāzes burbuļa kustību šķidrumā.

Brīvās krišanas paātrinājums $g = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, atmosfēras spiediens $p_{atm} = 1 \cdot 10^5$ Pa, ūdens blīvums $\rho = 1000\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, universālā gāzu konstante $R = 8{,}31\ \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$. Virsmas spraiguma spēka radītos efektus neņemam vērā visā turpmākajā uzdevumā.

1. Burbuļa izmērs

A Eksperimentators novēroja ogļskābās gāzes burbuli kādas ūdenstilpnes apakšā. Ūdenstilpnes dziļums *h* = 10 m. Cik liels ir gāzes spiediens burbulī?

Atbilde: *p* = ☐ kPa **[1 p]**

B Ogļskābās gāzes burbuļa diametrs ir $d = 0{,}5$ cm, ūdens temperatūra $t = 12^0$C , gāzes spiediens burbulī $p = 150$ kPa (vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās vērtības) un ogļskābās gāzes molmasa $M = 44\ \frac{\text{g}}{\text{mol}}$. Cik liela ir gāzes masa burbulī?

Atbilde: *m* = ☐ ng **[1 p]**

C Spiediens ūdenstilpnes apakšā ir $p = 250$ kPa (vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās vērtības). Cik reižu pieaugs gāzes burbuļa diametrs, tam pārvietojoties no ūdenstilpnes apakšas (diametrs d_0) līdz ūdens virsmai (diametrs d_1)? Pieņemsim, ka process ir izotermisks.

Atbilde: $\frac{d_1}{d_0}$ = ☐ reizes **[1 p]**

D Cik liels rezultējošais spēks darbojas uz burbuli, kas atrodas *h* = 3 m dziļas ūdenstilpnes apakšā, ja zināms, ka gāzes burbuļa diametrs *d* = 1 cm? Tā kā gāzes blīvums ir daudzas reizes mazāks par šķidruma blīvumu, tad to aprēķinos neņemam vērā.

Atbilde: F = ☐ mN **[1 p]**

Kādā virzienā vērsts šis rezultējošais spēks?

Atbilde: [1 p]

Rezultējošais spēks

- darbojas virzienā uz ūdenstilpnes apakšu
- maina virzienu burbuļa kustības gaitā
- pietrūkst doto lielumu, lai noteiktu spēka virzienu
- darbojas virzienā uz ūdenstilpnes augšpusi
- darbojas kādā no virzieniem, kas paralēls ūdenstilpnes pamatnei
- ir nulle, tam nav virziena

E Ūdenstilpnē noteiktā dziļumā saskārās divi nelieli vienādi burbuļi un saplūda vienā lielākā burbulī. Kā mainījās lielā burbuļa spiediens attiecībā pret sākotnēju spiedienu burbuļos?

Atbilde: [0,5 p]

Spiediens

- palielinājās
- samazinājās
- nemainījās

Kā mainījās gāzes temperatūra salīdzinot to pirms un uzreiz pēc burbuļu saplūšanas?

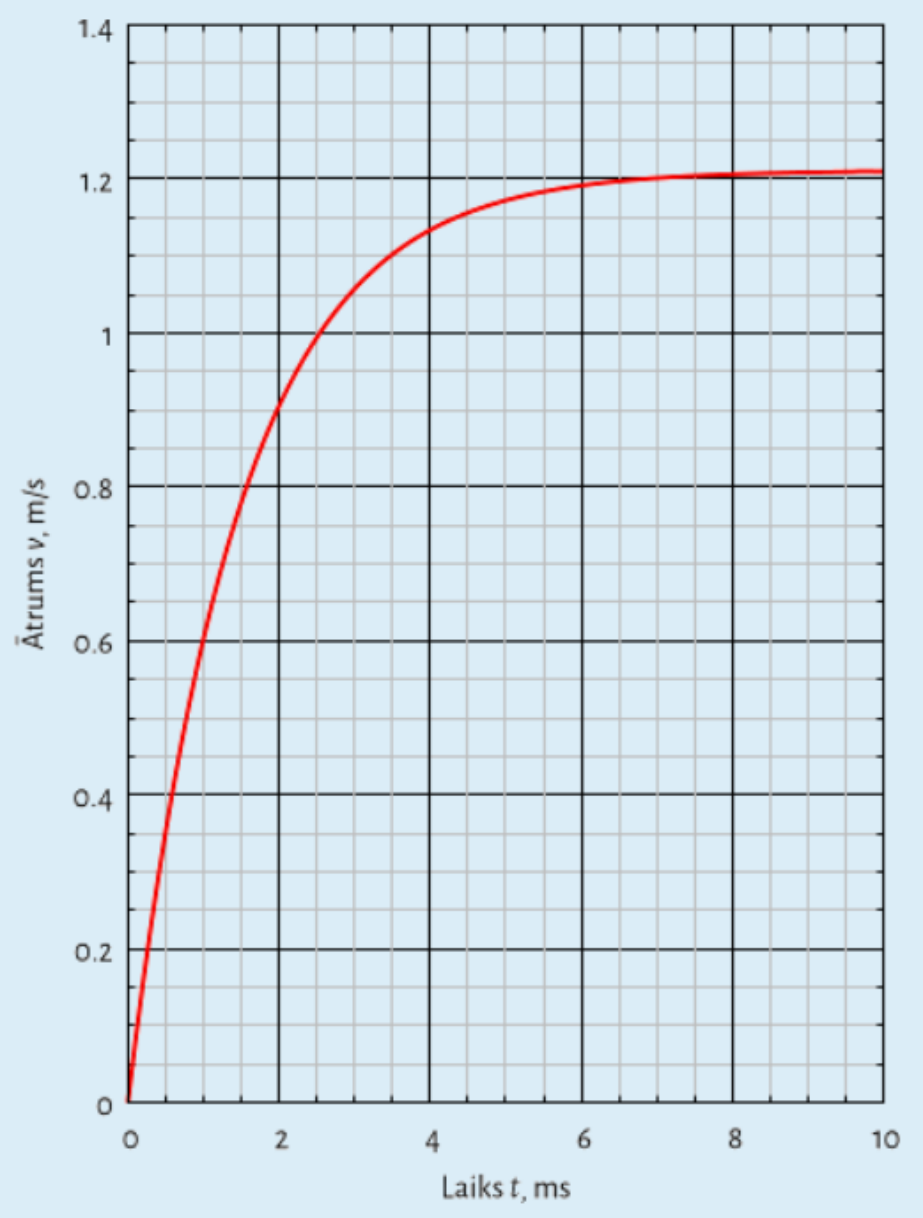
Atbilde: [0,5 p]

Temperatūra

- palielinājās
- samazinājās
- nemainījās

2. Burbuļa ātrums

Eksperimentāli tika izmērīta gāzes burbuļa kustības ātruma atkarība no laika pašā kustības sākumā (skat. 235. attēlā doto grafiku).



235. att.

A Cik lielu maksimālo ātrumu sasniedz burbulis grafikā attēlotajā laika posmā?

Atbilde: v_{max}= ☐ m/s **[1 p]**

B Cik lielu attālumu bija veicis burbulis līdz sasniedza 95% no maksimālā ātruma?

Atbilde: z = ☐ mm **[1 p]**

C Cik lielu maksimālo paātrinājumu sasniedz gāzes burbulis apskatītajā kustībā?

Atbilde: a = ☐ m/s^2 **[1 p]**

D Gāzes burbulim, pārvietojoties ūdenī, uz to darbojas pretestības spēks, tāpēc burbuļa ātrums tiecas uz galīgu vērtību (kā tas redzams dotajā grafikā) un burbulis nepaātrinās bezgalīgi. Pretestības spēks ir atkarīgs no šķidruma iekšējo berzi raksturojoša lieluma μ $\left([\mu] = \frac{\text{kg}}{\text{ms}}\right)$, burbuļa rādiusa *R* un kustības ātruma v. Sakarība, kas saista minētos lielumus $F_{pr} = C\mu R^{\alpha}\text{v}^{\beta}$, kur C – konstante bez mērvienības, bet α un β – pakāpes rādītāji. Nosaki α un β skaitliskās vērtības.

Atbilde: α = ☐ ; β = ☐ **[1 p]**

N2020-11-2. IZTVAIKOŠANA

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

1963. gadā skolnieks no Tanzānijas Mpemba kulinārijas stundā gatavoja saldējumu, karsējot pienu kopā ar cukuru. Sekojot norādēm, viņam vajadzēja nogaidīt, kamēr karstā piena masa atdzisīs, pirms ievietot to saldētavā, taču steigā Mpemba to neizdarīja un ievietoja saldētavā karsto pienu. Viņam par pārsteigumu, karstais piens sasala ātrāk nekā viņa klasesbiedru sagatavotā piena masa, kas, pirms ievietošanas ledusskapī, bija iepriekš atdzesēta.

Šī Tanzānijas skolēna atklātā parādība, ka karstais šķidrums var sasalt ātrāk nekā vēsāks šķidrums, vēlāk tika daudzkārt apspriesta zinātniskajā literatūrā. Efekts rodas daudzu faktoru mijiedarbībā, un ir lielā mērā atkarīgs no eksperimenta detaļām (izmantotie trauki, ledusskapis, šķidruma ķīmiskais sastāvs, parādības uz šķidruma virsmas un uz saskares virsmas starp šķidruma trauku un saldētavu, utt.). Šajā uzdevumā aplūkosim tikai vienu no parādībām, kas var dot ieguldījumu Mpembas efekta izskaidrošanā: šķidruma iztvaikošanu, kas jāņem vērā, ja šo efektu pēta vaļējos traukos.

Ūdens īpatnējā siltumietilpība *c* = 4200 J/(kg·K), tā īpatnējais iztvaikošanas siltums – *L* = 2260 kJ/kg (šo abu lielumu atkarības no temperatūras neņem vērā), atmosfēras spiediens p_{atm} = 101 kPa.

1. **A** Novērtēsim, cik nozīmīga ir iztvaikošana. Atvērtu trauku ar karstu ūdeni ievieto ledusskapī. Ja iztvaikošana ir vienīgais process, kas nodrošina atdzišanu, tad laikā, kamēr ūdens atdziest par vienu grādu, iztvaikos ☐% no sākotnējās ūdens masas. **[1 p]**

B Divi atvērti ūdens trauki ar vienādu sākotnējo ūdens masu un sākotnējo temperatūru attiecīgi T_1 un T_2 tiek ievietoti saldētavā, turklāt $T_1 > T_2$. Ūdenim abos traukos atdziestot iztvaikošanas dēļ (citus atdzišanas procesu neievērot), no sākotnējās temperatūras līdz 0 °C iztvaikošanā zaudētā ūdens masa būs lielāka

Atbilde: [1 p]

- traukā ar temperatūru T_1
- traukā ar temperatūru T_2
- atkarīgs no konkrētām T_1 un T_2 vērtībām

C Novērtējiet maksimālo iespējamo zaudēto ūdens masu, ūdenim ar sākotnējo temperatūru *m* šādi atdziestot (normālos apstākļos) no sākotnējās temperatūras līdz 0 °C. Iztvaikojušā ūdens masu uzskatīt par mazu salīdzinājumā ar kopējo ūdens masu.

Atbilde: $\frac{\Delta m}{m}$ = ☐ % **[1 p]**

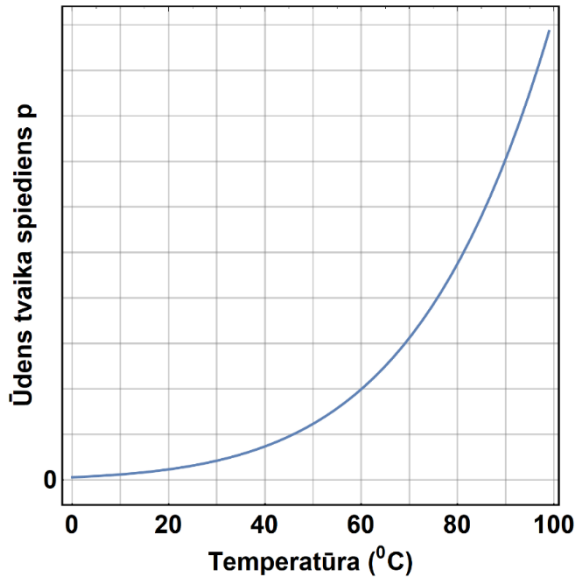
2. Apstākļos, kad apkārtējā gaisa mitrums ir mazs (kā tas parasti ir ledusskapja saldētavā), ūdens iztvaikošanas ātrums ir atkarīgs no ūdens piesātinātā tvaika spiediena virs ūdens virsmas *p*: ūdens masas izmaiņa laika vienībā Δ*m* ir proporcionāla -*p*:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = -\beta p$$

kur β ir proporcionalitātes koeficients, kas atkarīgs no ūdens brīvās virsmas laukuma un citiem parametriem, un kas izteikts [kg/s/Pa] vienībās.

Ja ūdens masa ir 1 kg un ūdens temperatūra ir 100 °C, tad vienā sekundē tiks zaudēti ☐ $\cdot\beta$ kg ūdens, un ūdens temperatūra iztvaikošanas dēļ pazemināsies par ☐ β °C. **[2 p]**

3. Ūdens piesātinātā tvaika spiediens ir ievērojami atkarīgs no temperatūras. Šīs atkarības grafiks ir dots 236. attēlā.



236. att.

Divi atvērti ūdens trauki ar sākotnējo temperatūru attiecīgi T_1 = 60 °C un T_2 = 100 °C un vienādu sākotnējo ūdens masu tiek ievietoti saldētavā.

A Mirklī uzreiz pēc trauku ievietošanas saldētavā, straujāk atdzisīs trauks ar temperatūru

- T_1
- T_2

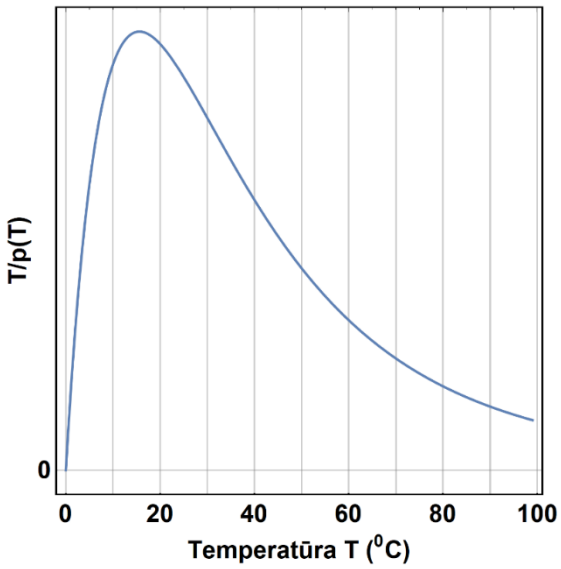
turklāt šī trauka atdzišana notiks ☐ reižu straujāk nekā otrā traukā. **[1 p]**

B Brīdī, kad ūdens temperatūra abos traukos tuvojas 0 °C (šī brīža iestāšanās laiks var būt atšķirīgs katrā no traukiem), straujāk atdzisīs trauks ar temperatūru

- T_1
- T_2

turklāt šī trauka atdzišana notiks ☐ reižu straujāk nekā otrā traukā. **[1 p]**

4. Ūdens piesātināta tvaika spiediena grafiks atkarībā no temperatūras pārzīmēts citās asīs – parādot lieluma $\frac{T}{p(T)}$ atkarību no temperatūras *T*, kas izteikta Celsija grādos (237. attēls). Nulles punkts uz vertikālās ass atbilst 0 °C temperatūrai.



237. att.

Pieņemot, ka ūdens atdzišanas vidējais ātrums visā atdzišanas laikā ir proporcionāls tā maksimālajam atdzišanas ātrumam, no šī grafika varam secināt, ka

A ….ūdens trauks ar sākotnējo temperatūru 10 °C atdzisīs līdz 0 °C

Atbilde: [0,5 p]

- ātrāk
- vēlāk
- nevar noteikt

salīdzinājumā ar ūdens trauku, kura sākotnējā temperatūra 5 °C.

B … ūdens trauks ar sākotnējo temperatūru 100 °C atdzisīs līdz 0 °C

Atbilde: [0,5 p]

- ātrāk
- vēlāk
- nevar noteikt

salīdzinājumā ar ūdens trauku, kura sākotnējā temperatūra 95 °C.

5. Skolēns vēlas atkārtot Mpembas eksperimentu. Viņam ir pieejami dažādas formas cilindriski trauki. Ja iztvaikošanu uzskata par galveno faktoru šajā efektā, kāds trauks būtu eksperimentam visatbilstošākais?

Atbilde: [1 p]

- Plats cilindrisks trauks
- Šaurs cilindrisks trauks
- Trauka formai nav nozīmes

6. Tiek uzskatīts, ka Mpembas efektu novēroja jau stipri senāk gan Aristotelis, gan Fransis Bēkons, gan Renē Dekarts, bet vēlāk tas tika aizmirsts. Senatnes filozofi novēroja šo efektu, aplūkojot spaiņos ielietā ūdens sasalšanu salā. Viena no hipotēzēm, kas izskaidro, kādēļ senatnē šo efektu ikdienā varēja novērot biežāk, ir saistīta ar izmaiņām trauku materiālos: ja agrāk ūdens glabāšanai izmantoja koka traukus, tad modernajos laikos līdz pat nesenajam brīdim vairāk izmantoja metāla traukus.

Koka spainī Mpembas efektu varētu novērot vieglāk nekā metāla spainī, jo

Atbilde: [1 p]

- Koka spainis labāk vada siltumu un tādēļ iztvaikošanas mehānisma nozīme ūdens atdzišanā ir relatīvi lielāka
- Koka spainis sliktāk vada siltumu un tādēļ iztvaikošanas mehānisma nozīme ūdens atdzišanā ir relatīvi lielāka
- Koka spainis labāk vada siltumu un tādēļ iztvaikošanas mehānisma nozīme ūdens atdzišanā ir relatīvi mazāka
- Koka spainis sliktāk vada siltumu un tādēļ iztvaikošanas mehānisma nozīme ūdens atdzišanā ir relatīvi mazāka
- Koka spainim ir lielāka siltumietilpība, tāpēc iztvaikošana notiek intensīvāk
- Koka spainim ir lielāka siltumietilpība, tāpēc iztvaikošana notiek mazāk intensīvi
- Koka spainim ir mazāka siltumietilpība, tāpēc iztvaikošana notiek intensīvāk
- Koka spainim ir mazāka siltumietilpība, tāpēc iztvaikošana notiek mazāk intensīvi

N2020-11-3. SATELĪTI

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Gravitācijas konstante $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{Nm^2}}{\mathrm{kg^2}}$

1. Kas ir otrais kosmiskais ātrums? **[0,5 p]**

- minimālais ātrums, kas nepieciešams ķermenim, lai tas izietu no planētas gravitācijas ietekmes
- minimālais ātrums, kas nepieciešams ķermenim, lai tas kļūtu par planētas pavadoni un riņķotu ap to inerces dēļ
- minimālais ātrums, kas nepieciešams ķermenim, lai tas izietu no Galaktikas gravitācijas ietekmes
- minimālais ātrums, kas nepieciešams ķermenim, lai tas izietu no Saules gravitācijas ietekmes

2. Merkurs ir Saulei tuvākā planēta. Merkura rādiuss $R_{\mathrm{M}} = 2440$ km, Merkura masa $M_{\mathrm{M}} = 3{,}3 \cdot 10^{23}$ kg.

A Cik liels ir brīvās krišanas paātrinājums Merkura virsmas tuvumā?

Atbilde: g_{M} = ☐ $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}$ **[1 p]**

B Cik liels ir brīvās krišanas paātrinājums 1000 km augstumā virs Merkura virsmas meteoroīdam, kas krīt perpendikulāri Merkura virsmai?

Atbilde: g_{h} = ☐ $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ **[0,5 p]**

C Cik liels ātrums Merkura virsmas tuvumā būtu jāsasniedz mākslīgajam pavadonim, lai tas varētu pārvietoties pa orbītu ap Merkuru?

Atbilde: v_{I} = ☐ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ **[1 p]**

3. Mēness rādiuss ir $R_M = 1740$ km, brīvās krišanas paātrinājums Mēness virsmas tuvumā $g = 1{,}62\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Cik liels ātrums Mēness virsmas tuvumā būtu jāsasniedz raķetei, lai tā varētu pārvietoties pa orbītu ap Mēnesi?

Atbilde: v_{M} = ☐ $\frac{\text{km}}{\text{s}}$ **[1 p]**

4. Starptautiskā kosmiskā stacija riņķveida orbītā ap Zemi augstumā *h* veic 16 apriņķojumus diennaktī. Zemes masa $M_Z = 6{,}0 \cdot 10^{24}$ kg, Zemes rādiuss $R_Z = 6{,}4 \cdot 10^{6}$ m.

A Cik liels ir Starptautiskās kosmiskās stacijas apriņķošanas periods?

Atbilde: T = ☐ s **[0,5 p]**

B Cik liels ir Starptautiskās kosmiskās stacijas lineārais ātrums kustībā pa riņķveida orbītu?

Atbilde: v = ☐ $\frac{\text{km}}{\text{s}}$ **[1 p]**

C Pieņemsim, ka Starptautiskās kosmiskās stacijas kustības lineārais ātrums kustībā pa riņķveida orbītu ir v = 7,2 km/s (vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās līdz ar to arī apriņķošanas perioda vērtība var atšķirties no 4A rezultāta). Cik lielā augstumā virs Zemes riņķo stacija?

Atbilde: h = ☐ km **[1 p]**

5. Mākslīgais Zemes pavadonis riņķveida orbītā ap Zemi augstumā h_{o} = 1660 km (vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās) veic 12 apriņķojumus diennaktī. Zemes masa $M_Z = 6{,}0 \cdot 10^{24}$ kg, Zemes rādiuss $R_Z = 6{,}4 \cdot 10^{6}$ m. Noteiktu iemeslu dēļ vadības centrs pieņēma lēmumu pārvest pavadoni uz citu riņķveida orbītu, kurā pavadonis veic 15 apriņķojumus diennaktī.

A Cik lielā augstumā virs Zemes atrodas pavadoņa jaunā orbīta?

Atbilde: h_1 = ☐ km **[1 p]**

B Cik liels ir pavadoņa lineārais ātrums kustībā pa jauno riņķveida orbītu?

Atbilde: v_1 = ☐ $\frac{\text{km}}{\text{s}}$ **[0,5 p]**

C Vai pēc nepieciešamā ātruma sasniegšanas pavadonis var pārvietoties pa riņķveida orbītu ar frekvenci 25 apgriezieni diennaktī?

Atbilde: [1 p]

- jā, neieslēdzot dzinēju
- teorētiski var, bet tikai ar nepārtraukti ieslēgtu dzinēju, kurš paātrina pavadoni ātruma virzienā
- teorētiski var, bet tikai ar nepārtraukti ieslēgtu dzinēju, kurš paātrina pavadoni pretēji ātruma virzienam
- teorētiski var, bet tikai ar nepārtraukti ieslēgtu dzinēju, kurš paātrina pavadoni Zemes centra virzienā
- teorētiski var, bet tikai ar nepārtraukti ieslēgtu dzinēju, kurš paātrina pavadoni virzienā, kas vērsts prom no Zemes centra

D Pieņemsim, ka pavadonis 1000 km augstumā virs Zemes virsmas apriņķo Zemi pa riņķveida orbītu 25 reizes diennaktī. Cik liels mākslīgais brīvās krišanas paātrinājums ir jūtams pavadoņa iekšpusē?

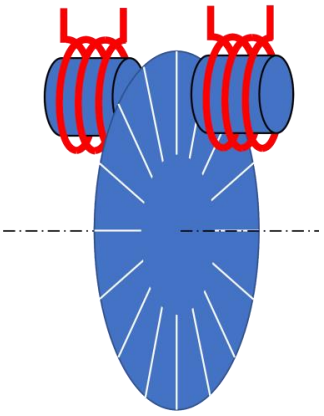
Atbilde: a = ☐ $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ **[1 p]**

12. klase

N2020-12-1. RADIOVIĻŅI

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Šajā uzdevumā apskatīsim radio pirmssākumus – vienu no veidiem kā tika pārraidīti un uztverti radioviļņi.



238. att.

Aleksandersona ģenerators bija viena no ierīcēm, ar kuru tika iegūti raidītāji ar precīzu frekvenci. Vienkāršota ģeneratora shēma redzama 238. attēlā. Tas sastāv no divām spolēm un rotējoša dzelzs diska, kurā ir izgrieztas spraugas. Vienā no spolēm plūst līdzstrāva, diska rotācijas dēļ mainās magnētiskā lauka indukcija otrajā spolē un tajā tiek inducēts EDS. Katru reizi, kad starp abām spolēm nonāk sprauga, magnētiskā lauka indukcija samazinās, bet, kad nonāk dzelzs disks – magnētiskā lauka indukcija palielinās.

1.

A Diskā ir 600 spraugas un tas rotē ar ātrumu 2000 apgriezienu minūtē. Cik liela būs inducētās maiņstrāvas frekvence?

Atbilde: f = ☐ kHz **[1 p]**

B Ģeneratora frekvence ir 24,4 kHz (vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās). Cik garus elektromagnētiskos viļņus rada ģenerators?

Atbilde: λ = ☐ km **[1 p]**

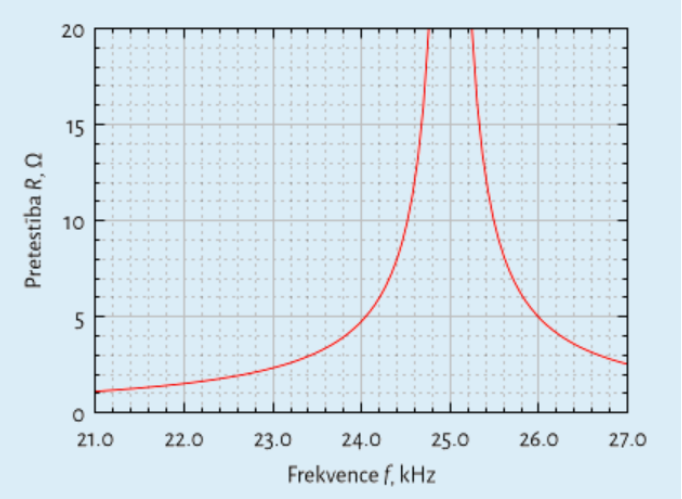
C Magnētiskais lauks ir konstants un vērsts perpendikulāri spolei. Magnētiskā lauka indukcija B = 0,1 T. Diska rotācijas dēļ laukums, caur kuru caur spoli iet magnētiskais lauks, samazinās par 1 cm^2 5 μs laikā. Spolē tiek ģenerēts elektrodzinējspēks $\varepsilon = 200$ V. Cik šajā spolē ir vijumi?

Atbilde: N = ☐ vijumi **[1 p]**

2. Lai varētu noturēt fiksētu ģeneratora frekvenci, tika izmantots slēgums, kura pretestība ir atkarīga no frekvences kā attēlots grafikā 239. attēlā.

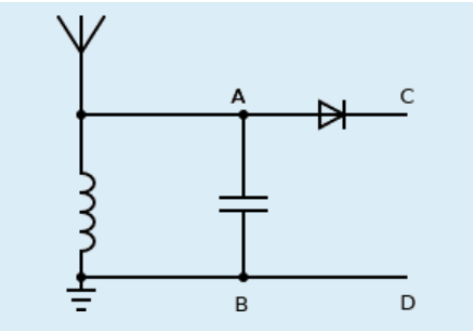
Parasti ģeneratora frekvence ir 24,4 kHz. Cik liela ir ģeneratora frekvence, ja sprieguma kritums uz slēguma samazinās par 25%, pieņemot, ka strāvas stiprums ir konstants?

Atbilde: f_2 = ☐ kHz **[1 p]**

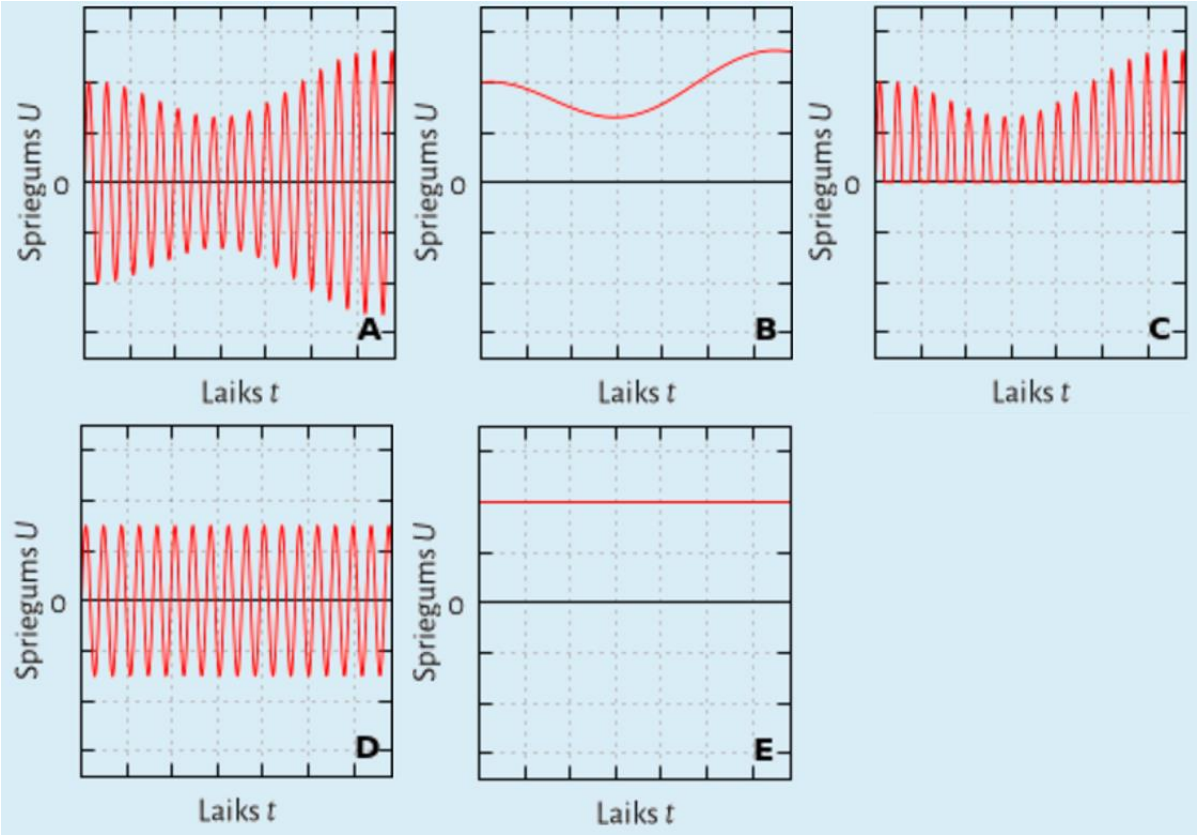


239. att.

3. 240. zīmējumā attēlota radiouztvērēja shēma kādas lietoja 20. gadsimta sākumā. Starp punktiem A un B spriegums mainās laikā kā redzams 241. attēla grafikā A.



240. att.



241. att.

A Kā mainās spriegums laikā starp punktiem C un D (skat. 240. att)?
Atbilde: [1 p]
• A • B • C • D • E

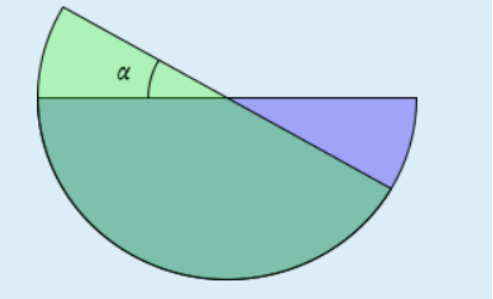
B Kāda ir diodes loma šādā slēgumā?
Atbilde: [1 p]
- Uztvertā signāla vidējā vērtība uztveršanas periodā, kas raksturīgs radiofrekvences periodam, ir nulle. Savukārt diodes taisngrieztā signāla vidējā vērtība uztveršanas periodā, kas raksturīgs radiofrekvences periodam nav nulle.
- Uztvertā signāla vidējā vērtība uztveršanas periodā, kas raksturīgs radiofrekvences periodam, nav nulle. Savukārt diodes taisngrieztā signāla vidējā vērtība uztveršanas periodā, kas raksturīgs radiofrekvences periodam ir nulle.
- Uztvertā signāla momentānā vērtība ne visos laika momentos ir nulle. Savukārt diodes taisngrieztā signāla vidējā momentānā vērtība ir nulle visos laika momentos.
- Diode spēj pārveidot radioviļņus par elektrību.
- Diode nav nepieciešama.

C Kondensatora kapacitāte C = 2,8 pF. Cik lielai ir jābūt spoles induktivitātei, lai kontūrā notiktu rezonanse pie frekvences f = 1,5 MHz?
Atbilde: L = ☐ mH **[1 p]**

D Šādi uztvērji spēj darboties bez pieslēguma pie enerģijas avota. No kurienes tiek iegūta enerģija, lai radītu skaņu austiņā, kas pieslēgta starp punktiem C un D (skat. 240. att)?
Atbilde: [1 p]
- enerģija tam nav nepieciešama
- tiek izmantota radioviļņu pārnestā enerģija
- slēguma izveides laikā sistēmā tiek ielikta nepieciešamā enerģija
- enerģija tiek saņemta no cilvēka, kurš izmanto uztvērēju

E Zināms, ka uztvērējā tiek izmantota silīcija diode, kas laiž cauri strāvu tikai, ja spriegums uz tās pārsniedz 0,7 V. Kā būtu iespējams palielināt uztvērēja jutību?
Atbilde: [1 p]
- saslēgt vairākas šādas diodes virknē
- saslēgt vairākas šādas diodes paralēli
- nomainīt silīcija diodi uz germānija diodi, kas strāvu laiž cauri, ja spriegums uz tās pārsniedz 0,4 V
- nomainīt silīcija diodi uz gallija nitrīda diodi, kas strāvu laiž cauri, ja spriegums uz tās pārsniedz 3 V
- nav iespējams palielināt uztvērēja jutību

4. Lai būtu iespējams mainīt kapacitāti, uztvērējos tiek izmantoti maiņkondensatori. Bieži maiņkondensators sastāv no plakanparalēliem riņķa sektoriem, ko iespējams rotēt vienu attiecībā pret otru ap centru. Lai gan reāli tika izmantoti daudzdisku maiņkondensatori, aplūkosim vienkāršotu variantu – ar diviem diskiem.



242. att.

Aplūkosim maiņkondensatoru, kura plāksnes veido divi alumīnija pusapļi ar rādiusu r = 5 mm, kas atrodas attālumā d = 0,1 mm viens no otra un starp tām ir gaiss.

Cik lielā leņķī α ir jāpagriež maiņkondensatora plāksnes viena attiecībā pret otru (242. att.), lai kondensatora kapacitāte būtu C = 2,8 pF? Aprēķinos ņem vērā tikai tās plāksnes daļas, kas pārklājas. Elektriskā konstante $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\,\frac{\mathrm{F}}{\mathrm{m}}$, gaisa dielektriskā caurlaidība $\varepsilon = 1$.

Atbilde: α = ☐ ° **[1 p]**

N2020-12-2. GAISMAS ĀTRUMA NOTEIKŠANA

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Šajā uzdevumā apskatīsim dažas metodes, kuras tika izmantotas, lai vēsturiski noteiktu gaismas ātrumu c. Gravitācijas konstante $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\,\frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}}$

Jupitera pavadonis Jo

1. Pirmais eksperimentālais apliecinājums tam, ka gaismas ātrums ir galīgs, un aptuvens tā vērtības novērtējums nāca no dāņu astronoma Oles Rēmera Jupitera pavadoņu novērojumiem. Jo ir viens no spožākajiem un lielākajiem Jupitera pavadoņiem.

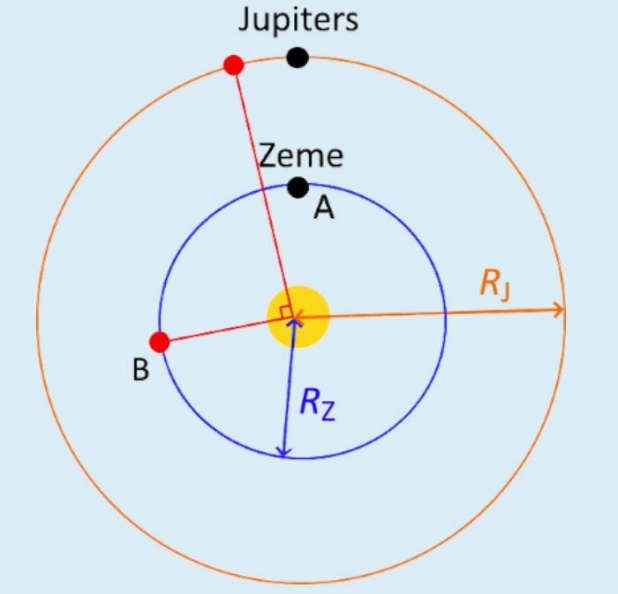
Jupitera pavadoņa Jo orbītas rādiuss $R = 4{,}2 \cdot 10^8$ m, Jupitera masa $M = 1{,}9 \cdot 10^{27}$ kg. Cik liels ir Jo apriņķojuma periods ap Jupiteru?

Atbilde: T = ☐ h **[1 p]**

2. Rēmera ideja bija apskatīt Jo aptumsumu sākumus un beigas – brīžus, kuros Jo ieiet Jupitera ēnā un atkal iznāk no tās un pierakstīt laikus, kuros tie notiek visa gada laikā.

243. attēlā attēlotas Zemes un Jupitera orbītas kustībā ap Sauli. Ar melniem punktiem attēlotas abu planētu atrašanās vietas, kad Zeme atrodas punktā A, bet ar sarkaniem punktiem, kad Zeme atrodas punktā B.

Apskatīsim Jupitera pavadoņa Jo aptumsuma novērojumus no Zemes, kad tā atrodas punktos A un B. Punktā A Zeme atrodas starp Sauli un Jupiteru, bet punktā B leņķis Zeme-Saule-Jupiters ir taisns.



243. att.

A Zemes apriņķošanas periods ap Sauli $T_Z = 1$ gads, Jupitera apriņķošanas periods $T_J = 11{,}9$ gadi. Planētas riņķo apkārt Saulei pretēji pulksteņa rādītāja kustības virzienam. Cik ilgā laikā Zeme pārvietojas no punkta A līdz punktam B?

Atbilde: t_B = ☐ gadi **[1 p]**

B Zemes orbītas rādiuss $R_Z = 1{,}5 \cdot 10^{11}$ m, Jupitera orbītas rādiuss $R_J = 7{,}8 \cdot 10^{11}$ m. Gaisma no Jupitera pavadoņa Jo līdz Zemei nāks atšķirīgu laiku, kas atkarīgs no Zemes atrašanās vietas – vai Zeme atrodas punktā A vai punktā B.

Attālums starp Jupiteru un Zemi, kad Zeme atrodas punktā A ir s_A, bet, kad punktā B ir s_B. Cik liela ir šo attālumu starpība $\Delta s = s_B - s_A$?

Atbilde: Δs = ☐ m **[1 p]**

C Varētu domāt, ka aptumsumu iespējams novērot ik reizi, kad Jo apriņķo Jupiteru, bet ir vairākas nobīdes, kas ietekmē reālos aptumsuma laikus. Pat ja gaismas ātrums ir bezgalīgs, novērotais periods starp diviem aptumsumiem būs atšķirīgs no Jo apriņķojuma perioda.

Jo ap Jupiteru riņķo pretēji pulksteņrādītāja kustības virzienam, (tajā pašā virzienā, kurā rotē visi pārējie Saules sistēmas ķermeņi). Pieņemsim, ka gaismas ātrums ir bezgalīgs. Kāds būs laiks starp diviem Jo aptumsumiem, salīdzinājumā ar Jo apriņķojuma periodu?

Atbilde: [1 p]

- Laiks starp aptumsumiem būs mazāks nekā apriņķojuma periods, jo Zemes un Jupitera savstarpējais novietojums ir mainījies
- Laiks starp aptumsumiem būs lielāks nekā apriņķojuma periods, jo Zemes un Jupitera savstarpējais novietojums ir mainījies
- Laiks starp aptumsumiem būs mazāks nekā apriņķojuma periods, jo ir mainījusies Jupitera pozīcija savā orbītā.
- Laiks starp aptumsumiem būs lielāks nekā apriņķojuma periods, jo ir mainījusies Jupitera pozīcija savā orbītā.

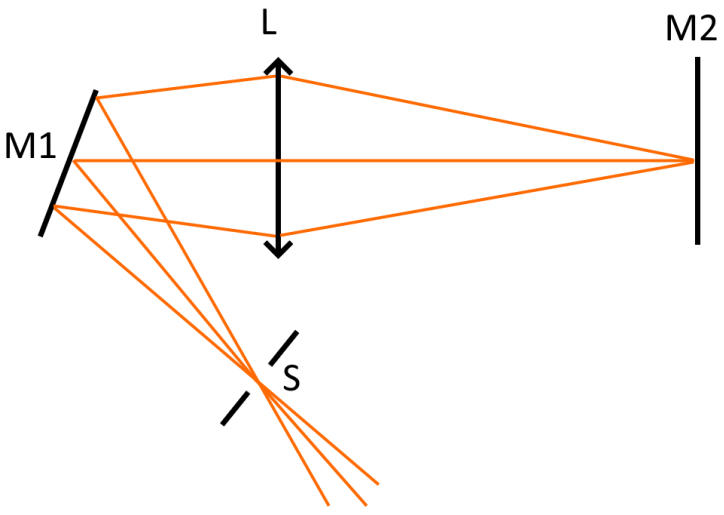
D Pavadoņa Jo aptumsums, kad Zeme atrodas punktā B, tik un tā tika novērots *t* = 8 min vēlāk nekā varētu sagaidīt salīdzinot to ar novērotā aptumsuma laiku, kad Zeme atrodas punktā A.

Aprēķini, cik lielu gaismas ātruma vērtību *c* ieguva Rēmers, izmantojot Jupitera pavadoņa novērojuma datus.

Atbilde: *c* = ☐ m/s **[1 p]**

3. Fuko eksperiments

Franču fiziķis Leons Fuko veica eksperimentu, lai noteiktu precīzāku gaismas ātruma vērtību. Viņš izveidoja iekārtu, kurā ir punktveida gaismas avots S, (kas tika konstruēts, izmantojot nelielu spraugu un Saules gaismu), rotējošs spogulis M1, lēca L, detektors D un stacionārais spogulis M2, uz kura veidojas gaismas avota attēls.



244. att.

244 attēlā parādīta shematiska gaismas staru trajektorija gadījumā, ja spogulis M1 ir nekustīgs. Attālums starp S un M1 ir x = 7 m, attālums starp M1 un L ir y = 5 m un attālums starp L un M2 ir z = 30 m.

A Cik liels ir lēcas fokusa attālums *F*?

Atbilde: *F* = ☐ m **[1 p]**

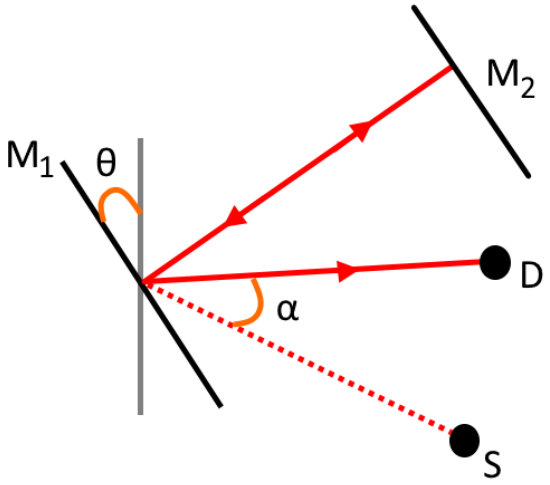
Spogulis M1 ir rotējošs: stara ienākšanas brīdī spogulis ir vertikāls, bet pēc gaismas atstarošanās no spoguļa, spogulis ir pagriezies par leņķi θ pretēji pulksteņa rādītāja kustības virzienam (245. att.). Lēca L joprojām ir sastāvdaļa eksperimentālajā iekārtā, bet, lai būtu vieglāk uztvert gaismas staru gaitu, tā zīmējumā nav attēlota.

B Spogulis M1 rotē ar frekvenci $\nu = 1000$ Hz. Par cik lielu leņķi φ, pagriezīsies spogulis M1 laikā, kura gaismas stars pārvietojas no M1 līdz M2 un atpakaļ, ja gaismas ātrums ir $c = 3 \cdot 10^8$ m/s?

Atbilde: φ = ☐ ° **[1 p]**

C Spoguļa M1 rotācijas dēļ ienākošais un atstarotais gaismas stars vairs neatradīsies uz vienas taisnes, bet starp tiem izveidosies leņķis α. Pieņemsim, ka leņķis $\varphi = 0{,}09^0$ (vērtība nesakrīt ar iepriekš aprēķināto). Cik liels ir leņķis α?

Atbilde: α = ☐ ° **[1 p]**



245. att.

D Detektors D un gaismas avots S atrodas vienādā attālumā no spoguļa *M*1. Leņķis $\alpha = 0{,}35^0$(vērtība nesakrīt ar iepriekš aprēķināto). Cik liels ir attālums *l* starp detektoru D un gaismas stara avotu S?

Atbilde: l = ☐ mm **[1 p]**

E Detektora D vietā novietosim mikroskopu un ar savu aci ieskatīsimies tā okulārā. Ko mēs redzēsim? **[1 p]**

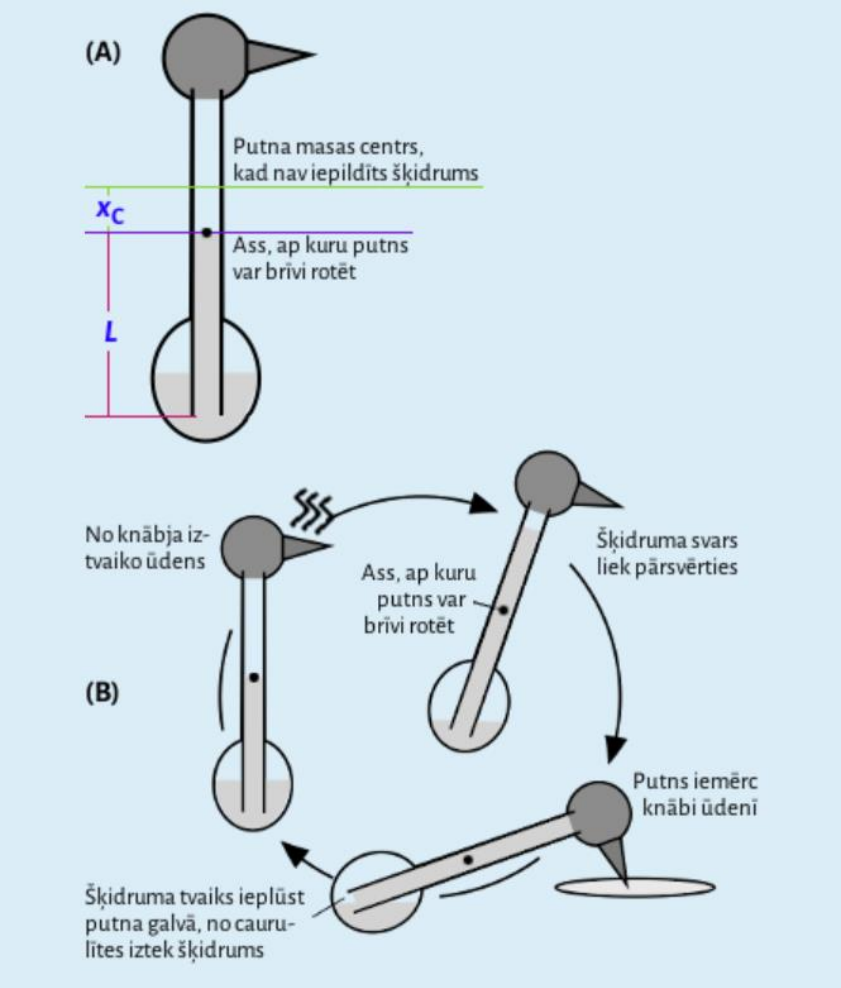
- Spožu un nepārtrauktu gaismu, kuras stiprums salīdzināms ar avota S gaismas stiprumu.
- Periodiskus, spožus zibšņus, kurus atdala absolūta tumsa.
- Nepārtrauktu gaismu, bet ar ievērojami mazāku gaismas stiprumu nekā avotam S.
- Tikai tumsu – spoguļa rotācijas frekvence ir pārāk liela, lai varētu to uztvert ar aci.

N2020-12-3. IZSLĀPUŠAIS PUTNS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Šajā uzdevumā apskatīsim populāras rotaļlietas "izslāpušais putns" darbības principus. Tās uzbūve attēlota 246. attēlā (A).

Putnu veido kolba, kurā ievietota cilindriska caurulīte, kas ir hermētiski noslēgta ar putna galvu. Kolbā iepildīts viegli gaistošs šķidrums – dihlormetāns (DCM). Rotaļlietas izgatavošanas procesā no kolbas tiek atsūknēts gaiss, un līdz ar to tā satur tikai šķidrumu un tā tvaikus. Kolba ir iestiprināta turētājā tā, ka tā var brīvi rotēt ap stiprinājuma punktu. Putna darbības ciklu uzsāk, samitrinot putna knābi ar ūdeni. Ūdenim iztvaikojot, putna galva atdziest. Putna darbības cikla visi posmi attēloti 246. attēlā (B).



246. att.

1. Mehāniskais līdzsvars

Izgatavotājs iepildīja rotaļlietā dihlormetānu, kura blīvums šķidrā stāvoklī ρ_{DCM} = 1327 kg/m^3 un tilpums V = 5 cm^3. Cilindriskās caurulītes iekšējais rādiuss r = 3 mm.

A Cik liela šķidruma masa tika iepildīta rotaļlietā?

Atbilde: m = ☐ g **[0,5 p]**

B Cik liela dihlormetāna masa ieplūdusi cilindriskajā caurulītē, ja šķidruma stabiņa augstums h = 5 cm?

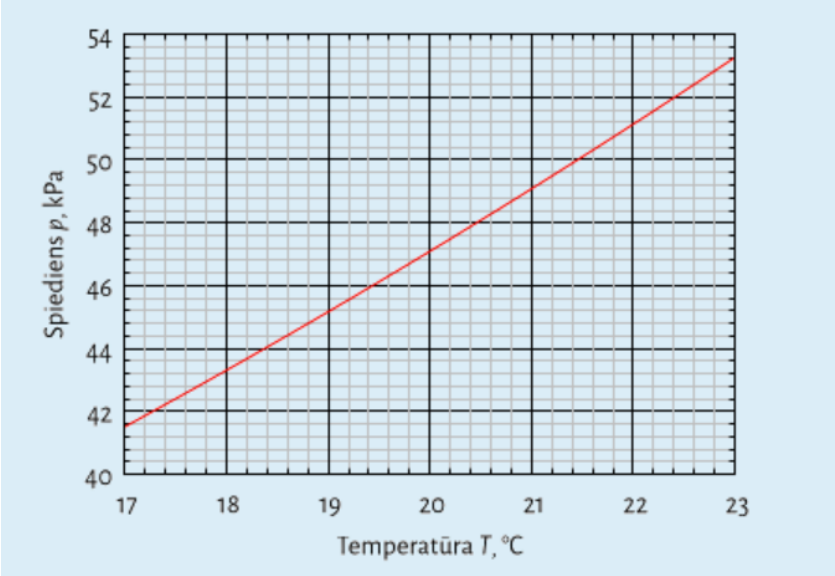
Atbilde: m = ☐ g **[0,5 p]**

C Rotaļlietas kustīgās daļas masa m = 50 g, iepildītā dihlormetāna masa ir M = 6 g (vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās). Putna masas centrs (bez iepildīta šķidruma) atrodas x_c = 4,5 mm virs rotācijas ass, bet attālums no rotācijas ass līdz cilindriskās caurulītes apakšpusei ir L = 5,5 cm. Pie cik liela šķidruma stabiņa augstuma h rotaļlieta pārsvērsies? Pieņemt, ka kolbas apakšpusē palikušā šķidruma masas centrs vienmēr atrodas attālumā l no rotācijas ass.

Atbilde: h = ☐ cm **[1 p]**

2. Tvaiku spiediens

247. attēla grafikā attēlota dihlormetāna tvaiku spiediena atkarība no temperatūras. Šajā un visās pārējās uzdevuma daļās neņemt vērā ar kapilaritāti saistītus efektus. Ūdens īpatnējais iztvaikošanas siltums $L_{H_2O} = 2{,}26$ MJ/kg, dihlormetāna īpatnējais iztvaikošanas siltums $L_{DCM} = 0{,}330$ MJ/kg, dihlormetāna molmasa μ_{DCl} = 84,9 g/mol un blīvums šķidrā formā ir $\rho_{DCM} = 1327\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Brīvās krišanas paātrinājums g = 9,8 m/s^2. Universālā gāzu konstante R = 8,31 J/(mol·K).



247. att.

A Kad šķidruma stabiņa augstums bija sasniedzis h = 8,5 cm (vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās), putns pārsvērās un iemērca knābi ūdenī. Cik liels bija dihlormetāna tvaiku spiediens putna knābī pārsvēršanās mirklī, ja istabas temperatūra T_{ist} = 20,2 °C?

Atbilde: p = ☐ kPa **[1 p]**

B Pieņemot, ka siltumapmaiņa starp putna knābi un kolbu nenotiek, cik liela bija tvaika temperatūra putna knābī pārsvēršanās mirklī?

Atbilde: T = ☐ **°C [1 p]**

C Apskatīsim putna darbības cikla posmu no brīža, kad caurulītē nav ieplūdis dihlormetāns līdz rotaļlietas pārsvēršanās brīdim. Tvaika tilpums un spiediens putna galvā un knābī posma sākumā ir V_1 = 11,7 cm^3, p_1 = 45,6 kPa, posma beigās V_2 = 8 cm^3 un p_2 = 44 kPa, temperatūras izmaiņa putna knābī ΔT = 0,8 °C. Cik liela ūdens masa iztvaiko no putna knābja viena šāda darbības posma laikā, ja posma beigās knābja temperatūra ir T = 18,4 °C (vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās)?

Knābja siltumietilpību neņemam vērā un pieņemam, ka siltuma daudzums, kas izdalās dihlormetānam iztvaikojot, ir daudz lielāks nekā siltuma daudzums, kas jāpievada, lai tvaika temperatūru paaugstinātu par ΔT = 0,8 °C. Veicot aprēķinus šķidruma tvaikam, var izmantot ideālas gāzes likumsakarības.

Atbilde: m = ☐ mg **[1 p]**

D Kas notiktu, ja dihlormetāna vietā iepildītu dihlormetānam līdzīgu šķidrumu (pēc blīvuma un molmasas), taču ievērojami sliktāk gaistošu (tvaiku spiediens, kas ir līdzsvarā ar šķidrumu, pie vienas un tās pašas temperatūras ir zemāks, kā arī mazāk mainās atkarībā no temperatūras)?

Atbilde: [1 p]

- Nekas nemainītos. Process nepārtraukti turpinātos
- Process paātrinātos (putns biežāk mērktu knābi ūdenī)
- Process palēninātos vai apstātos
- Process sākumā paātrinātos un tad apstātos
- Sākumā apstātos, bet pēc kāda laika atsāktu darboties
- Putns ilgāku laiku pavadīs ar iemērktu knābi ūdenī

E Kas notiktu, ja pēc kārtējās putna knābja iemērcēšanas ūdens glāzē no tās tiktu izliets viss ūdens (turpmāk putns knābi vairs neiemērktu ūdenī)?

Atbilde: [1 p]

- Process momentā apstātos
- Process turpinātu nepārtraukti darboties
- Process turpinātu nepārtraukti darboties, ja istabas temperatūra ir pietiekami augsta
- Process turpinātu nepārtraukti darboties, ja istabas temperatūra ir pietiekami zema
- Process turpinātu darboties, kamēr viss ūdens no putna knābja būs iztvaikojis
- Turpinātu svārstīties, taču nepārveļoties (dihlormetāna stabiņa augstums visu laiku atrodas zem kritiskā augstuma pie kura putns iepriekš pārvēlās un iemērca knābi ūdenī)

F Pēc ilgstoša lietus beigām rotaļlieta tika iznesta ārā. Kas mainās tās darbībā neilgā laika posmā pēc tās iznešanas ārā?

Atbilde: [1 p]

- Nekas nemainītos. Process nepārtraukti turpinātos
- Process paātrinātos (putns biežāk mērktu knābi ūdenī)
- Process palēninātos vai apstātos
- Process sākumā paātrinātos un tad apstātos
- Sākumā apstātos, bet pēc kāda laika atsāktu darboties
- Putns ilgāku laiku pavadīs ar iemērktu knābi ūdenī

3. Lietderības koeficients un maksimālais darbs

Rotaļlieta pēc savas būtības ir siltuma mašīna, kas veic lietderīgo darbu, saņemot kādu siltuma daudzumu no apkārtējās vides un atdodot kādu siltuma daudzumu, ūdenim iztvaikojot no knābja.

A Novērtē šādas siltummašīnas maksimālo lietderības koeficientu, ja tvaika temperatūras izmaiņa putna knābī ΔT = 0,8 °C un temperatūra aplūkotā procesa beigās ir 18,4 °C.

Atbilde: η = ☐ % **[1 p]**

B Kā varētu uzlabot šādas idealizētas siltuma mašīnas lietderības koeficientu?

Atbilde: [1 p]

- Izveidot putnu ar garāku "kaklu" jeb cilindru (saglabājot rotaļlietas smaguma centru nemainīgu), kurā ieplūst un izplūst dihlormetāns
- Uzkarsēt ūdeni, kurā putns cikliski mērc savu knābi
- Paaugstināt istabas temperatūru, nemainot ūdens temperatūru
- Tehniski nav iespējams uzlabot šādas siltuma mašīnas lietderības koeficientu
- Ievietot to telpā ar zemāku relatīvo gaisa mitrumu
- Ievietot to telpā ar augstāku relatīvo gaisa mitrumu

9. klase

V2020-9-1. PĒC PICAS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

1. Draugi nolēma pasūtīt picu un internetā noskaidroja informāciju par divām tuvāk esošajām picērijām.

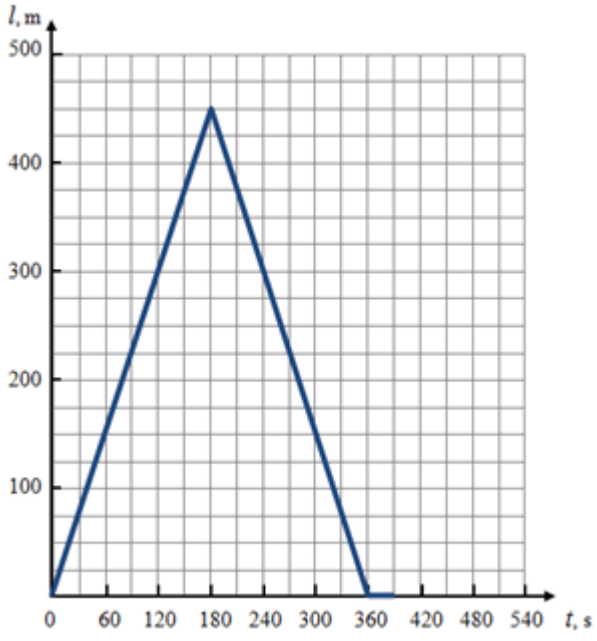
Picērija "Pipars":
- picu sagatavo un izcep 15 minūtēs;
- picērija atrodas 6,5 km attālumā;
- piegāde notiek ar elektrisko skrejriteni, kurš pārvietojas ar vidējo ātrumu 30 km/h.

Picērija "Picas":
- picu sagatavo un izcep pusstundā;
- picērija atrodas 4 km attālumā;
- piegāde notiek ar auto, kurš pārvietojas ar vidējo ātrumu 40 km/h.

A Kuras picērijas picu izdosies saņemt ātrāk, ja picas pasūtīs vienlaikus no abām picērijām?
Atbilde: [1 p]
- picērijas "Pipars" picu
- picērijas "Picas" picu
- abas picas piegādās vienlaicīgi

B Aprēķini, par cik minūtēm ātrāk draugiem tiks piegādāta pica, kura tiks atvesta pirmā, salīdzinot ar picu, kas tiks atvesta vēlāk?
Atbilde: $\Delta t =$ ☐ min **[1 p]**

C Picērijā "Pipars" pasūtīta pica, kuras sagatavošana un piegāde notiek ar iepriekš minētajiem nosacījumiem. Picērijā "Picas" pasūtīta pica, kuras sagatavošanai un cepšanai nepieciešamas 23 minūtes. No abām picērijām picas tiek pasūtītas vienlaicīgi. Ar cik lielu vidējo ātrumu būtu jāpārvietojas piegādes auto no picērijas "Picas", lai abas picas piegādātu vienlaicīgi?
Atbilde: $v_{vid} =$ ☐ km/h **[1 p]**



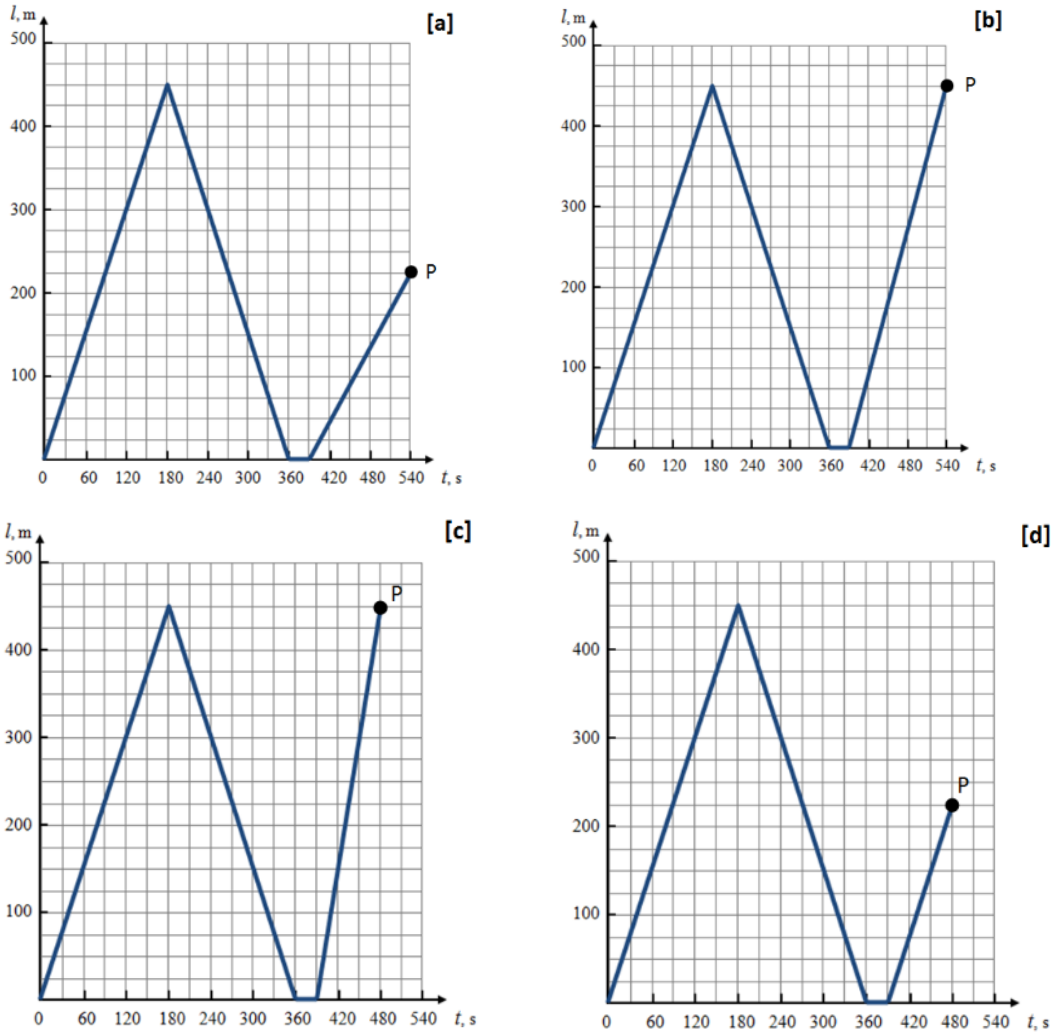
248. att.

2. Anniņa dzīvoja netālu no picērijas. Viņa pasūtīja picu un devās tai pakaļ. Noejot kādu attālumu no mājas, viņa konstatēja, ka mājās aizmirsusi bankas karti. Anniņa pagriezās atpakaļ un devās mājās, kur 30 sekundes pavadīja meklējot karti. Grafikā 248. attēlā koordinātu sākumpunkts sakrīt ar Anniņas mājām un līkne attēlo Anniņas atrašanās vietu atbilstošajā laika momentā.

A Lai nenokavētu noteikto picas saņemšanas laiku, viņai uz picēriju bija jāskrien ar divas reizes lielāku ātrumu nekā bija viņas iešanas ātrums. Ar cik lielu ātrumu viņa skrēja no mājas līdz picērijai?

Atbilde: v = _____ m/s **[1 p]**

B Kurš no 249. attēla grafikiem attēlo Anniņas kustību no mājas līdz picērijai? **[1 p]**



249. att.

C Kurā grafikā (skat. 249. att.) attēlotajai kustībai ir mazākais vidējais ātrums laika intervālā no $t = 0$ līdz laikam, kurā Anniņa sasniedz punktu P? **[1 p]**

3. Trīs velokurjeriem bija jānogādā picas no picērijas "Pipariņš" uz pasākumu blakus ciemā. No picērijas viņi izbrauca vienlaicīgi. Pirmā velokurjera kustības vidējais ātrums bija 30 km/h, otrā velokurjera kustības vidējais ātrums bija 20 km/h. Pirmais nokļuva ciemā plkst. 15:00, otrais – plkst. 16:00, bet trešais – plkst. 17:00. Pieņemsim, ka visu trīs velokurjeru masas kopā ar velosipēdu un pasūtījumu ir vienādas.

A Cik ilgi no picērijas līdz ciemam brauca pirmais velokurjers?

Atbilde: t = _____ h **[1 p]**

B Cik liels bija trešā velokurjera kustības vidējais ātrums?

Atbilde: v_3 = ☐ km/h **[1 p]**

C Cik reizes pirmā velokurjera apturēšanai jāpastrādā lielāks darbs salīdzinājumā ar darbu, kas nepieciešams otrā velokurjera apturēšanai?

Atbilde: ☐ reizes **[1 p]**

D Kurā gadījumā jāpastrādā lielāks darbs?

Atbilde: [1 p]

[a] lai samazinātu pirmā velokurjera ātrumu no 30 km/h uz 20 km/h

[b] lai samazinātu otrā velokurjera ātrumu no 20 km/h līdz 0 km/h (pilnīgi apstājoties)

[c] abos gadījumos jāpadara vienāds darbs

V2020-9-2. GAISMA SPOGUĻOS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Attēli, ko ikdienā redzam, veidojas pateicoties dažādām likumsakarībām – no dažādu, mums apkārt esošo objektu atstarotās, vidēs lūstošās un izkliedētās gaismas. Gaismai atstarojoties, veidojas interesanti un optikas nozarēs izmantojami attēlu efekti. Dažus no tiem aplūkosim šajā uzdevumā.

1. Brālis un māsa apskata dažādus fizikas uzdevumus un veic eksperimentus, lai izpētītu spoguļu veidotos attēlus. Brālis un māsa abi nostājās blakus pie plakana spoguļa. Kādu attēlu viņi redz?

Atbilde: [1 p]

- Reālu un tiešu.
- Reālu un apgrieztu.
- Šķietamu un tiešu.
- Šķietamu un apgrieztu.

2. Plakans vertikāls spogulis pie sienas ir novietots tā, ka tā augšmala ir augstāk par māsas un brāļa galvām, bet spoguļa apakšmalas augstums ļauj redzēt spogulī savu attēlu, sākot aptuveni no ceļgaliem līdz pat galvai.

A Ja brālis spers soli tuvāk spogulim, tad viņš redzēs pats sevi līdz galvai, bet sākot

Atbilde: [1 p]

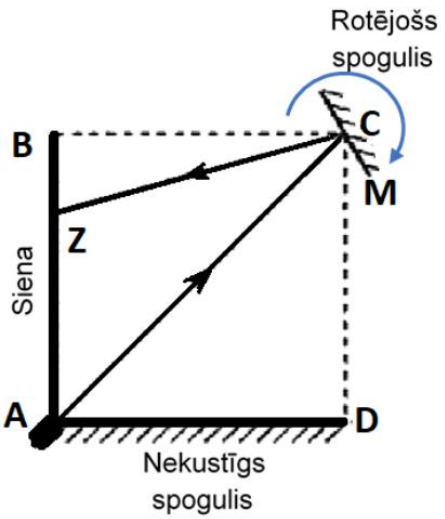
- tāpat, no ceļgaliem
- virs ceļgaliem
- zem ceļgaliem

B Māsa, kas palika stāvot soli aiz brāļa, redz brāli spogulī līdz galvai, bet sākot

Atbilde: [1 p]

- tāpat, no ceļgaliem
- virs ceļgaliem
- zem ceļgaliem

3. Brālis un māsa ir izveidojuši nelielu telpu ar spoguļstūri. Telpas sienu iekārtojums skatā no augšas ir redzams 250. attēlā (AB = AD). AB ir siena ar ekrānu, AD ir plakana spoguļa siena., M ir neliels plakans spogulis, kas vienmērīgi rotē ap vertikālu rotācijas asi, kas iet caur punktu C. Rotējot spogulis M, laika periodā T = 12 minūtes, vienmērīgi veic vienu pilnu apgriezienu ap rotācijas asi C.



250. att.

No punkta A istabas stūrī uz punktu C tiek izstarots šaurs gaismas stars, kā parādīts zīmējumā.

Spogulim M atstarojot no A punkta krītošo gaismas staru, uz ekrāna sienas AB noteiktus laika posmus Δt katrā apgriezienā var redzēt gaismas zaķīša Z pārvietošanos.

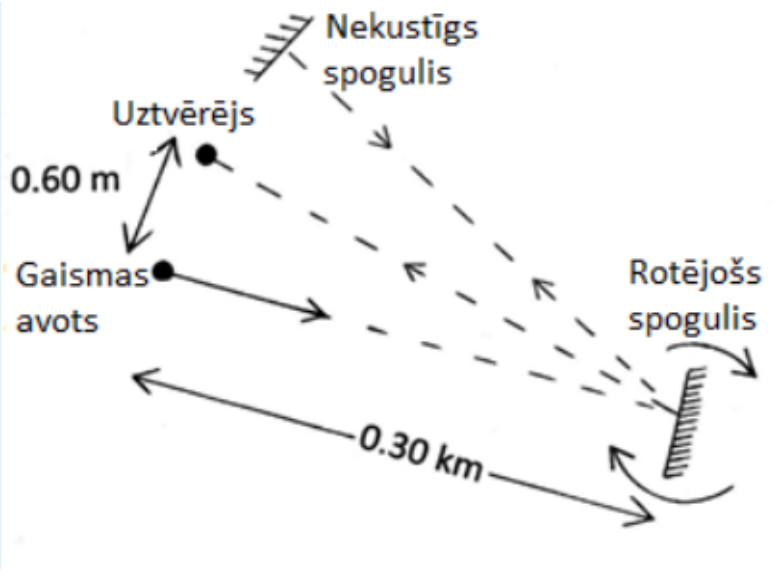
A Aprēķini, cik grādu liels ir spoguļa M pagrieziena leņķa intervāls, kas nodrošina gaismas zaķīša Z atstarošanos uz sienas AB?

Atbilde: ☐ grādi **[2 p]**

B Cik ilgā laikā Δt gaismas zaķītis Z pārslīd pārī sienai AB spoguļa M viena apgrieziena laikā?

Atbilde: Δt = ☐ s **[1 p]**
(pieļaujamā kļūda 2%)

4. Eksperimentu ar rotējošo spoguli var izmantot arī gaismas ātruma noteikšanai. Šādu eksperimentu veica franču fiziķis L. Fuko. Eksperimenta shēma ir redzama 251. attēlā. Gaismas izplatīšanās ātrums ir 3×10^8 m/s.



251. att.

No vienmērīgi rotējoša spoguļa rotācijas ass vienādos attālumos 0,30 km ir novietots gaismas avots, uztvērējs un nekustīgs spogulis. Attālums starp gaismas avotu un uztvērēju ir 0,60 m. Gaisma, kuru izstaro gaismas avots, atstarojas no rotējoša spoguļa, tad no nekustīga spoguļa, tad vēlreiz no rotējoša spoguļa un tikai tad nonāk uztvērējā.

A Cik ilgs laiks paies līdz gaisma no gaismas avota nokļūs līdz uztvērējam?

Atbilde: t = ☐ μs **[1 p]** (rezultātu noapaļo līdz veselam skaitlim).

B Cik lielam ir jābūt spoguļa griešanās maksimālam periodam, lai gaisma varētu nonākt no gaismas avota uz uztvērēju vienu reizi viena spoguļa apgriešanās laikā?

Atbilde: T_{max} = ☐ μs **[2 p]** (rezultātu nenoapaļo).

C Cik lielam ir jābūt spoguļa minimālajam pagrieziena leņķim, lai gaisma no gaismas avota nonāktu līdz uztvērējam, atstarojoties arī no fiksētā spoguļa? **[1 p]**

Atbilde: $\Delta\varphi =$ _____ ° **[1 p]** (rezultātu noapaļo līdz simtdaļām).

V2020-9-3. LAMPIŅU DRUDZIS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

A Makss filmēja dažādus video, katru reizi fonā liekot vienu un to pašu eglīšu lampiņu virteni. Kādā brīdī viena no lampiņām izdega un visa virtene pārstāja spīdēt. Makss ar multimetra palīdzību noteica, kura lampiņa ir izdegusi un saīsināja virteni, izdegušo posmu izgriežot.

Makss pamanīja, ka lampiņu virtene ir sākusi spīdēt citādi. Papildini teikumus: **[1 p]**
Kad Makss izdegušo posmu izgrieza:

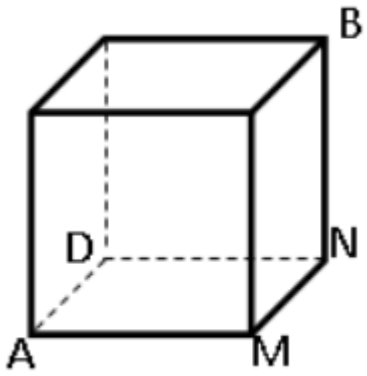
- kopējā virtenes pretestība samazinājās/palielinājās/nemainījās
- spriegums tīklā samazinājās/palielinājās/nemainījās
- strāvas stiprums virtenē samazinājās/palielinājās/nemainījās
- lampiņas sāka spīdēt spožāk/blāvāk

B Lai uzlabotu video fona apgaismojumu, Makss nopirka jaunu virteni, kurā ir divas lampiņas. Uz iepakojuma bija norādīta šāda informācija: "Barošanas avots: 3 W,100 mA". Montējot pirmo video, kura filmēšanas laikā tika izmantota šī virtene, Makss pamanīja, ka viena lampiņa ir jau izdegusi, kaut gan otra spīd.

Cik liela ir šīs virtenes katras lampiņas pretestība? Pieņemsim, ka vadiem un barošanas avotam nav pretestības. Abas lampiņas virtenē ir identiskas, t. i., ar vienādu pretestību.

Atbilde: $R =$ _____ Ω **[1 p]**

C Makss iegādājās kubu, kas veidots no gaismas diožu lentes. Katras kuba malas pretestība ir *R* (252. att.).



252. att.

C1 Apskati kubu un diožu lentas posmā **AD** un posmā **MN**. Salīdzini strāvas stiprumu šajos posmos, ja kuba virsotnes A un B ir pieslēgtas pie sprieguma avota tā, lai caur kubu plūst elektriskā strāva.

Atbilde: [1 p]

- $I_{AD} = I_{MN}$
- $I_{AD} < I_{MN}$
- $I_{AD} > I_{MN}$

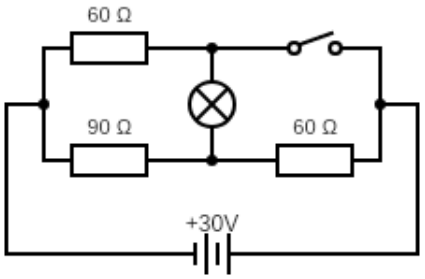
C2 Apskati kubu un diožu lentas posmā **AD** un posmā **MN** (252. att.). Salīdzini elektrisko spriegumu kritumus šajos posmos, ja kuba virsotnes A un B ir pieslēgtas pie sprieguma avota tā, lai caur kubu plūst elektriskā strāva.

Atbilde: [1 p]

- $U_{AD} = U_{MN}$
- $U_{AD} < U_{MN}$
- $U_{AD} > U_{MN}$

C3 Kāda ir kuba kopējā pretestība R_{AB}, ja strāva plūst no vienas kuba virsotnes A uz pretējo kuba virsotni B (252. att.)?

Atbilde: R_{AB} = ☐ R **[2 p]**

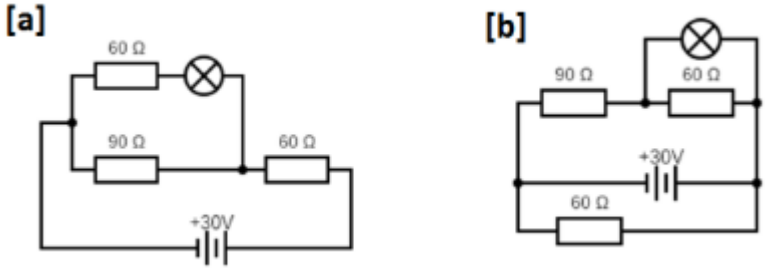


253. att.

D

Makss sāka pētīt dažādus elektriskos slēgumus. Viņš atrada vienu interesantu shēmu (253. att.) un nolēma to pārveidot. Viņš ievēroja, ka lampiņa deg vienādi spilgti ar noslēgtu un atvērtu slēdzi.

D1 Lai izpētītu shēmu, viņš saslēdza divas shēmas (254. att.), kuras atbilst situācijai, kad slēdzis ir ieslēgts un kad slēdzis ir izslēgts. Kura no shēmām atbilst, kurai situācijai?



254. att.

Atbilde: [1 p] ķēde ar ieslēgtu slēdzi attēlota shēmā

- a
- b

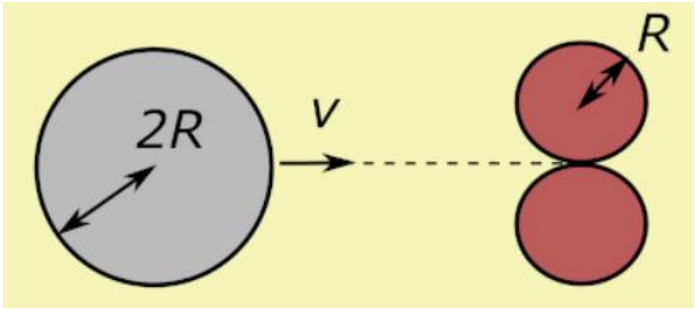
D2 Cik liela ir spuldzes pretestība R un sprieguma kritums U uz spuldzes?

Atbilde: R = ☐ Ω **[2 p]**; U = ☐ V **[1 p]**

10. klase

V2020-10-1. NOVUSS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.



255. att.

Uzdevumā aplūkosim situāciju, kas bieži gadās novusa spēlēs: ripa (jeb lielais kauliņš) skar vienlaicīgi divus mazos kauliņus (255. att.). Uzskatīsim, ka lielais kauliņš kustās ar ātrumu v un ietriecas tieši pa vidu starp mazajiem kauliņiem, kā parādīts attēlā. Mazā kauliņa rādiuss ir *R*, un augstums ir *h*. Lielā kauliņa rādiuss ir 2*R* un augstums ir *h*, kauliņu blīvumi ir vienādi. Var uzskatīt, ka sadursmes starp kauliņiem ir absolūti elastīgas. Var neievērot berzi starp galdu un kauliņiem, kā arī savstarpējo kauliņu berzi sadursmes brīdī.

A Noteikt leņķi (pret **v** virzienu), kurā pēc sadursmes sāk kustēties mazais kauliņš.

Atbilde: α = ____ ° **[2 p]**

B Cik liels ir mazā kauliņa ātrums pēc sadursmes?

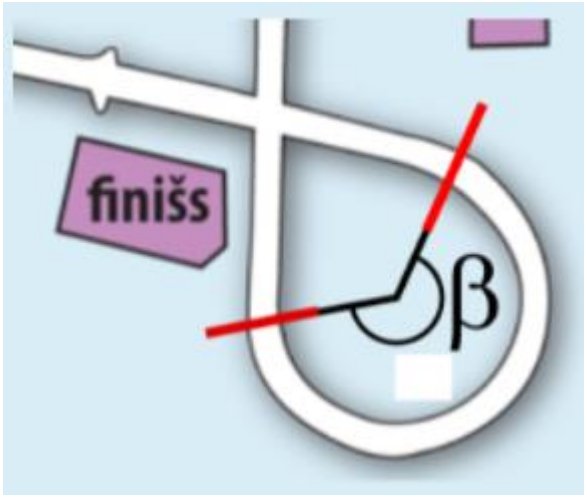
Atbilde: v_2 = ____ v **[6 p]**

C Cik liels būtu mazā kauliņa ātrums pēc sadursmes, salīdzinot ar punktā B izrēķināto (lielāks/mazāks/tāds pats/atkarīgs no citiem sadursmes parametriem), ja ievēro savstarpējo kauliņu berzi sadursmes brīdī? **[0,5 p]** Kāpēc? **[0,5 p]**

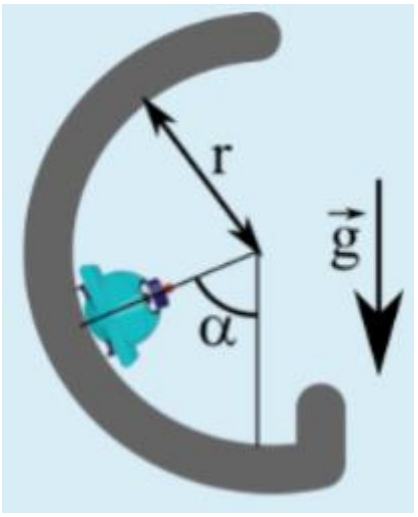
D Kāds būtu lielā kauliņa ātrums pēc sadursmes (lielāks/mazāks/tāds pats/atkarīgs no citiem sadursmes parametriem) gadījumā, ja sadursme nebūtu absolūti elastīga, salīdzinājumā ar gadījumu, ja tā tomēr būtu absolūti elastīga? **[0,5 p]** Pamato savu atbildi! **[0,5 p]**

V2020-10-2. OLIMPISKĀS SVĀRSTĪBAS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.



256. att. Virāža "aplis" – skats no augšas.



257. att. Virāžas šķērsgriezums.

Ledus trašu speciālisti apgalvo, ka pēdējā (sešpadsmitā) Siguldas bobsleja un kamaniņu trases virāža jeb „aplis" ir bīstama bobsleja četrinieku sacensībām. Šajā uzdevumā apskatīsim, kas notiek virāžā „aplis" un kāpēc tā ir bīstama, kā arī mēģināsim saprast, kādas izmaiņas ir nepieciešams veikt.

Virāžas „aplis" skats no augšas dots 256. attēlā. Virāžas garums ir (starp ar sarkanu atzīmētajām vietām 256. attēlā) L_0 = 75 m un leņķis β = 235°. Tālākos aprēķinos pieņemt, ka virāža ir riņķa līnijas daļa.

1.

A Aprēķināt virāžas (riņķa līnijas) rādiusu *R* (skat. 256. attēlu).

Atbilde: *R* = ☐ m **[1 p]**

B Aprēķināt centrtieces paātrinājumu, bobsleja divniekam atrodoties šajā virāžā.

Atbilde: a_c = ☐ m/s^2 **[1 p]**

2. Tālāk apskatīsim virāžas šķērsgriezumu. Šķērsgriezumā trase izskatās pēc puses no riņķa līnijas ar rādiusu *r* = 2,3 m (skat. 257. attēlu; attēlā norādīts arī *g* virziens). Braucot virāžā, bobs visu laiku neatrodas vienā augstumā, kas atbilstu nemainīgam leņķim 257. attēlā, bet svārstās uz augšu un uz leju. Pamatot: Kāpēc notiek svārstības? **[2 p]**

3.

A Aprēķināt līdzsvara leņķi α_0, ap kuru notiek svārstības.

Atbilde: α_0= ☐ °. **[1,5 p]**

Neskatoties uz to, ka svārstības notiek ar lielu amplitūdu, pieņemsim, ka svārstības ir harmoniskas. Tālākajos punktos izmantot, ka leņķim izpildās harmonisku svārstību vienādojums ar periodu

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r}{\sqrt{g^2 + a_c^2}}}$$

kur g ir brīvās krišanas paātrinājums un a_c ir centrtieces paātrinājums, kas izrēķināts B punktā.

B Cik garai jābūt virāžai, lai virāžas beigās leņķis α būtu nulle, ja virāžas sākumā α = 0, nav ātruma komponentes vertikālā virzienā, un bobslejists nestūrē un ļaujas šīm svārstībām. Dot vienu vērtību, kas ir mazāka par šī brīža virāžas garumu un vienu, kas ir lielāka.

Atbilde: L_1= ☐ m < L_0 un L_2= ☐ m > L_0 **[1,5 p]**

C Aprēķināt leņķi α virāžas beigās uzdevumā dotajam virāžas garumam, ja virāžas sākumā α = 0 un bobslejists nestūrē un ļaujas šīm svārstībām.

Atbilde: α= ☐ °. **[2 p]**

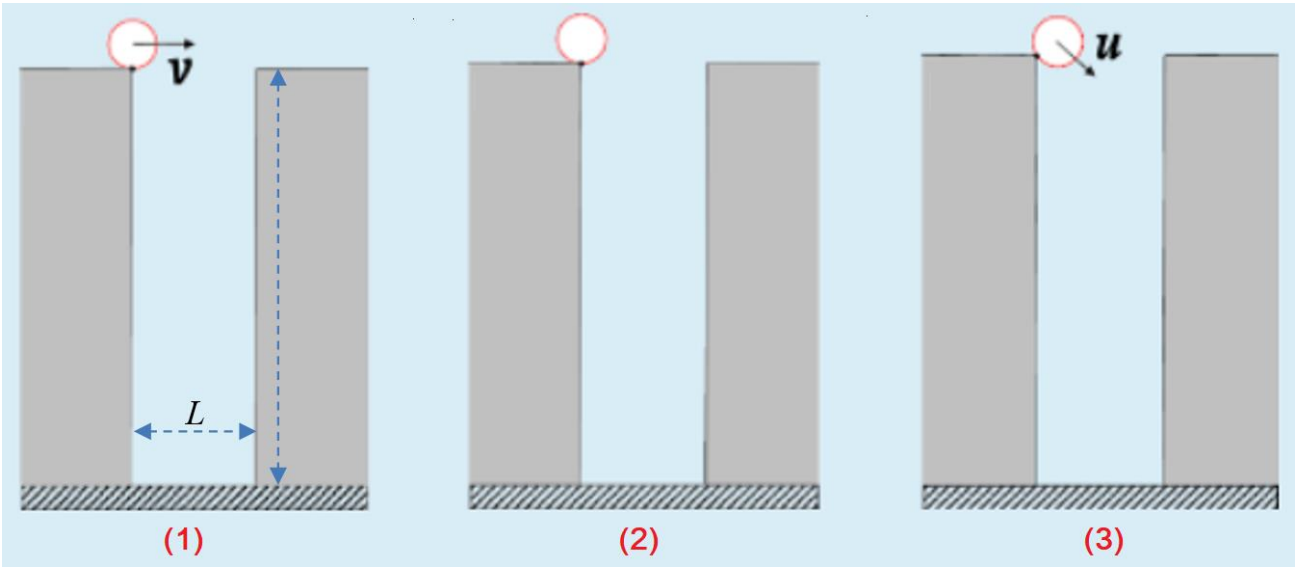
D Kādas nelielas izmaiņas jāveic pēdējai virāžai, lai leņķis α virāžas beigās būtu tuvāks leņķim α = 0? Iespējamas vairākas pareizās atbildes.

Atbildes: [1 p]

- Palielināt virāžas garumu
- Samazināt virāžas garumu
- Palielināt virāžas šķērsgriezuma liekuma rādiusu *r*
- Samazināt virāžas šķērsgriezuma liekuma rādiusu *r*
- Palielināt virāžas apļa rādiusu *R*
- Samazināt virāžas apļa rādiusu *R*

V2020-10-3. PLĀTNES

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.



258. att.

Starp divām paralēlām un vertikāli novietotām H = 1 m augstām plātnēm ir L = 10 cm plata sprauga. Mazās lodītes rādiuss ir r = 1 cm.

1. Maza lodīte iekrīt spraugā ar horizontālu sākuma ātrumu v = 1 m/s (skat. 258(1). att.). Atsitoties no plātnēm, lodītes krišanas leņķis ir vienāds ar atstarošanās leņķi. Sadursmes ir absolūti elastīgas (lodītes ātruma modulis nemainās).

A Cik lielu attālumu horizontālajā virzienā veic lodīte starp divām sadursmēm ar plātnēm?

Atbilde: l = _____ cm **[0,5 p]**

B Cik lielu leņķi lodītes centra ātruma vektors veido ar horizontu brīdī, kad tā pirmo reizi saduras ar labo plātni?

Atbilde: α = _____ ° **[1 p]**

C Cik ilgu laiku lodīte pavadīs lidojumā?

Atbilde: t = _____ s **[1 p]**

D Cik reižu lodīte atsitīsies no plātnēm, līdz tā nokritīs zemē?

Atbilde: N = _____ reizes **[1 p]**

E Cik liels ir lodītes ātruma vektora leņķis ar horizontu brīdī, kad tā sasniedz zemi?

Atbilde: α = _____ ° **[1 p]**

F Ar ko ir vienāds vidējais spēks, ar kuru lodīte iedarbojas uz sienu, ja bedre ir bezgalīgi dziļa ($H \to \infty$)? Pieņemt, ka g = 9,8 m/s² visā bedres dziļumā un lodītes masa ir m = 33 g.

Atbilde: F = _____ N **[1 p]**

2. Aplūkosim situāciju, kurā lodīte slīd bez berzes spraugas virzienā un iekrīt tajā.

A Cik lielam ir jābūt minimālajām horizontālam ātrumam v brīdī, kad lodīte sasniedz plātnes augšējās malas galu (skat. 258(1). att.), lai lodīte turpinātu virzes kustību?

Atbilde: v = _____ m/s **[1 p]**

Tālākajos uzdevuma jautājumos pieņemsim, ka lodīte noveļas bez sākuma ātruma, t. i. v = 0 (skat. 258(2). att.).

B Noteikt leņķi, ko lodītes smaguma centra ātruma vektors veido ar horizontu brīdī, kad lodīte atraujas no kreisās plātnes.

Atbilde: α = _____ ° **[1 p]**

C Cik liels ir lodītes smaguma centra pārvietojums vertikālā virzienā h_k brīdī, kad lodīte atraujas no plātnes?

Atbilde: h_k = _____ cm **[0,5 p]**

D Noteikt lodītes smaguma centra ātruma *u* horizontālo un vertikālo projekciju atraušanās brīdī (skat. 258(3). att.).

Atbilde: u_x = ☐ m/s; u_y = ☐ m/s **[1 p]**

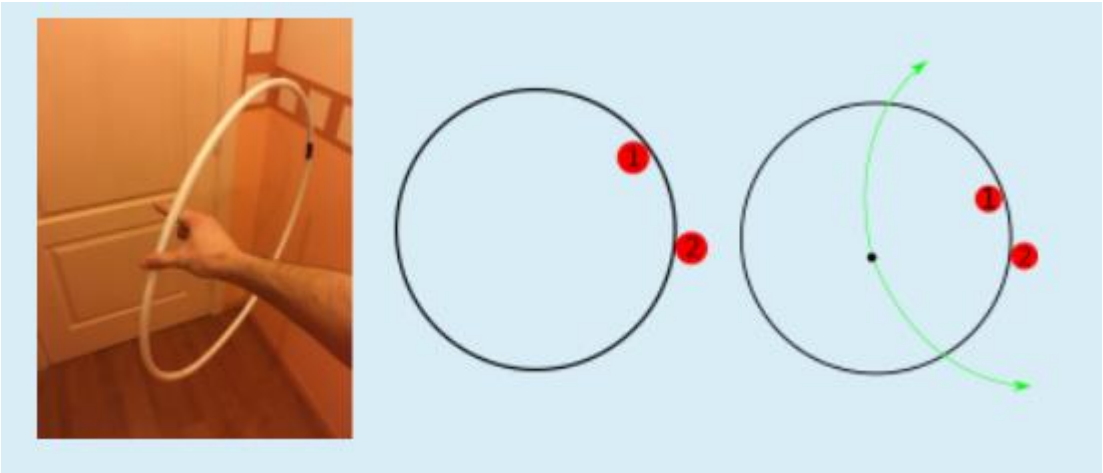
E Cik tālu no kreisās plātnes piezemēsies lodīte?

Atbilde: s = ☐ cm **[1 p]**

11. klase

V2020-11-1. ROTĀCIJA

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

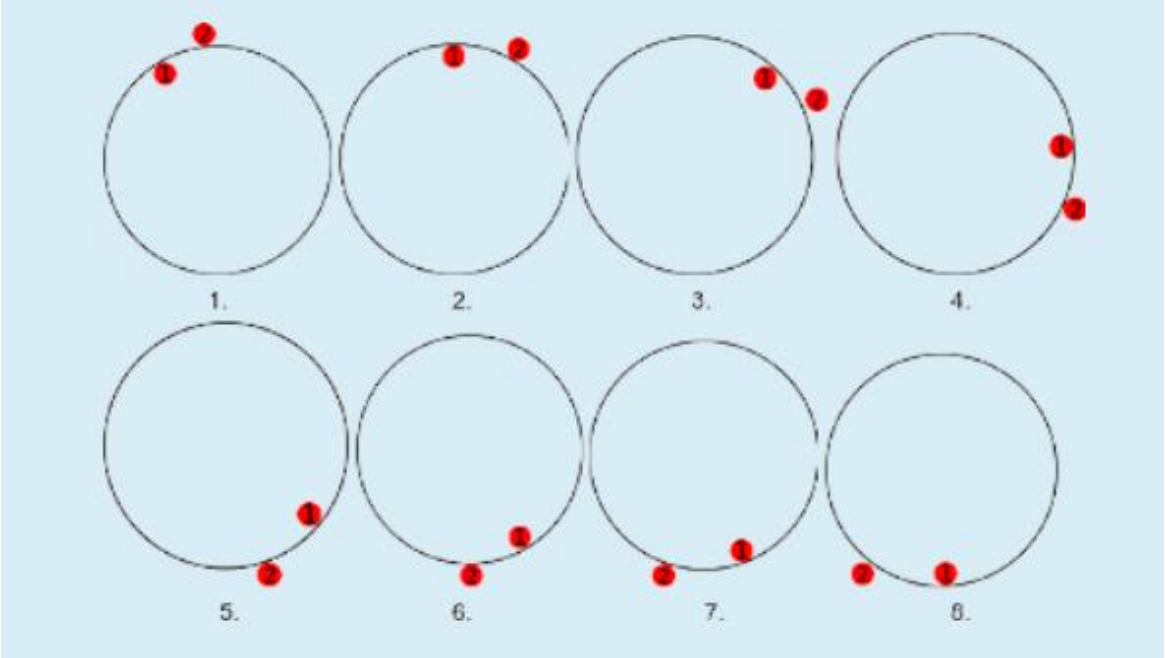


259. att.

Vingrošanas riņķis ir plaši pielietots instruments sporta aktivitātēs, taču tas sevī slēpj interesantus fizikas konceptus, par kuriem mēs mēdzam neaizdomāties. Dotajā situācijā, sportists vēlas kustināt riņķi tikai ar diviem pirkstiem. Lai labāk izprastu situāciju, aplūkosim to shematiski. 259. attēlā pa vidu sarkanais punkts (1) ir rādītājpirksts, bet sarkanais punkts (2) ir īkšķis. Uzdevumā uzskatīsim, ka rādītājpirksts nepārvietojas telpā, un ka lielais riņķis rotē tieši ap šo pirkstu (tā, kā parādīts 259. attēlā pa labi), kā arī attālums starp pirkstu pieskāršanās punktiem visa uzdevuma laikā paliek nemainīgs un vienāds ar *L* (arī brīdī, kad riņķis tiek rotēts). Uzskatīt, ka berzes spēki dotajā situācijā ir nenozīmīgi mazi, un tos var neņemt vērā. Dotā riņķa masa ir *m* un tā rādiuss ir *R*, brīvās krišanas paātrinājums ir *g*, riņķa inerces momentu aprēķina pēc formulas $I = m R^2$.

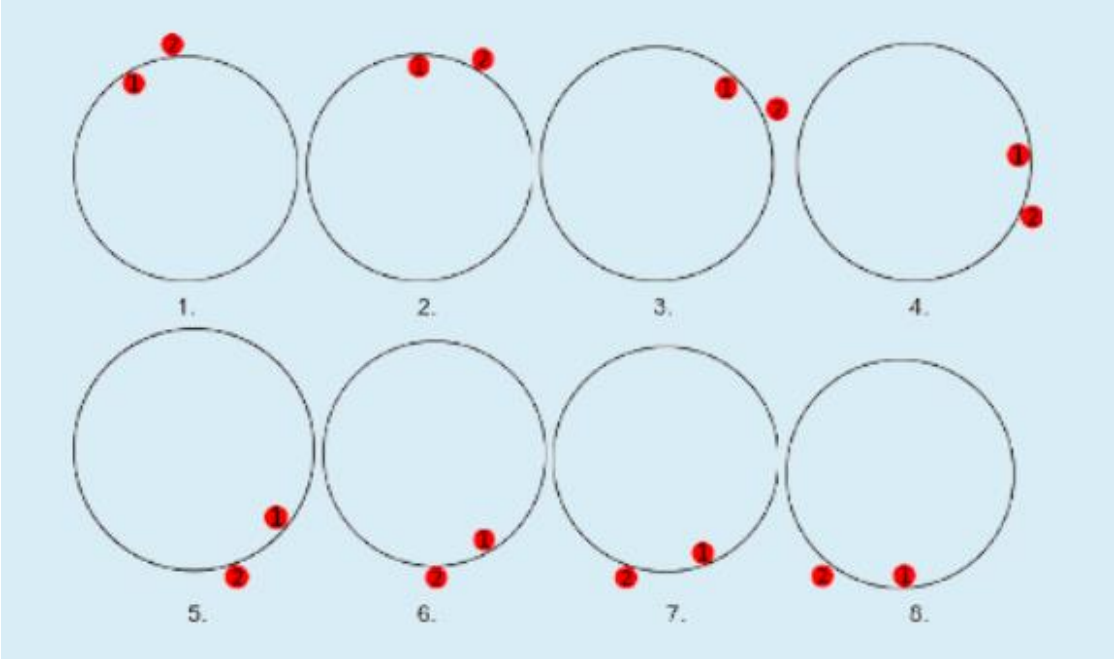
1. Apraksti visus spēkus, kas dotajā uzdevumā darbojas uz riņķi līdzsvara stāvoklī, kā arī paskaidro, kuri spēki rada griezes momentu ap rādītājpirkstu aprakstītajā situācijā. **[1,5 p]**

2. Ļoti lēni kustinot īkšķi, riņķis kustas no augšas uz leju (kā norādīts 259. attēlā ar zaļo bultiņu), kādā konkrētā brīdī uz īkšķi riņķis iedarbosies ar lielāku spēku. No 260. attēlā piedāvātajiem variantiem izvēlies to, kurš raksturo situāciju, kad riņķis uz īkšķi iedarbosies ar vislielāko spēku **[0,5 p]**, un pamato savu izvēli **[0,5 p]**.



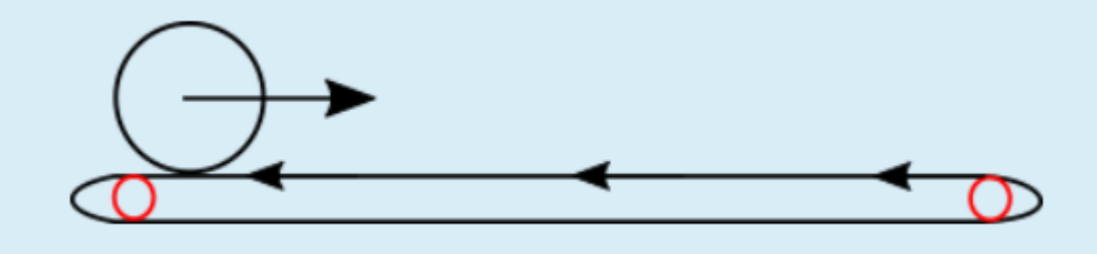
260. att.

3. Par diapazonu sauksim visus stāvokļus, kuri (nemainot attālumu starp pirkstiem) ir iespējami tā, lai abi pirksti pieskartos riņķim. Kāds ir kontrolēta riņķa pagriešanas diapazons? No 261. attēlā piedāvātajiem variantiem izvēlies tos, kuri raksturo situāciju, kad tiek sasniegtas diapazona robežas **[1 p]**, un paskaidro, kas notiek šajās situācijās **[1 p]**.



261. att.

4. Šajā uzdevumā aplūkosim situāciju, kurā riņķis ripo (262. att.). Dotajā situācijā ir skrejceliņš, kura virsma kustas vienmērīgi ar ātrumu 1 m/s. Uz šī paklājiņa, pretēji tā kustības virzienam, tiek iegrūsts vingrošanas riņķis ar kādu ātrumu tā, ka tas **sākumā nerotē**, bet gan slīd. Pēc kāda brīža tas sāks brīvi rotēt. Riņķa un celiņa berzes koeficients ir $\mu = 0{,}2$, brīvās krišanas paātrinājums $g = 10\ \text{m/s}^2$.



262. att.

A Pēc cik ilga laika riņķis kustēsies bez slīdēšanas, ja tā sākuma ātrums attiecībā pret zemi ir 2 m/s (vērsts pretēji celiņa ātrumam)?

Atbilde: t = ☐ s **[2 p]**

B Cik reizes riņķa sākotnējā kinētiskā enerģija ir lielāka par berzes spēka veikto darbu?

Atbilde: E_{k0}/A_b = ☐ **[2 p]**

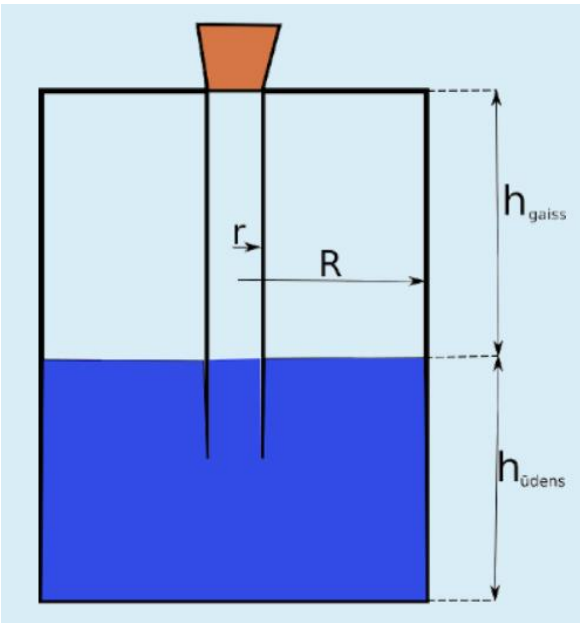
C Cik liels sākuma ātrums ir jāpiešķir vingrošanas riņķim, lai tas brīdī, kad tas sāk brīvi rotēt, nekustētos ar zemi saistītajā atskaites sistēmā, ja slīdošā lente pārvietojas ar ātrumu 1 m/s?

Atbilde: v = ☐ m/s **[1,5 p]**

V2020-11-2. GĀZES PARAMETRU MĒRTRAUKS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Uzdevumā aplūkosim interesantu trauku, kurš dēļ dažādiem termodinamikas un mehānikas procesiem spēj gan kalpot kā spiediena mērītājs, gan kā strūklaka, gan pat kā termometrs. Šoreiz aplūkosim nedaudz citādus fizikālus procesus, ko var demonstrēt ar trauku. Dots hermētiski noslēgts cilindrisks trauks, kurš sastāv no divām daļām: ārēja cilindra ar rādiusu R = 50 cm un caurulītes ar rādiusu r = 5 cm, kas atrodas ārējā cilindra centrā. Trauks ir piepildīts ar ūdeni kā rādīts 263. attēlā.



263. att.

Sākumā traukā ir atmosfēras spiediens 10^5 Pa, ūdens augstums ir $h_{ūdens}$ = 0,5H = 0,5 m, jeb puse no visa cilindra augstuma H = 1 m, gaisa temperatūra T_1 = 290 K, brīvās krišanas paātrinājums ir 9,81 m/s². Neņemt vērā virsmas spraiguma efektus, ūdens iztvaikošanu un tvaiku.

1.

A Aprēķināt caurulītes un ārējā cilindra gaisa tilpumu attiecību V_i/V_a, ja ūdens līmenis ir vienāds visā traukā.

Atbilde: V_i/V_a = ☐ **[0,5 p]**

B1 Iesākumā apskatīsim situāciju, kur korķis nav uzlikts. Vienādojums $p(h) = ah + b$ apraksta spiedienu ārējā cilindrā paskālos atkarībā no ūdens staba augstuma caurulītē. Kādas vērtības ir koeficientiem a un b, un kādas ir to mērvienības?

Atbilde: **[1 p]** $a =$ ☐ ♦ J/m^4 ♦N/m ♦Pa m/s^2 ♦ J Pa s^2/(kg m^2) ♦bar

$b =$ ☐ ♦ J/m^4 ♦N/m ♦Pa m/s^2 ♦ J Pa s^2/(kg m^2) ♦bar

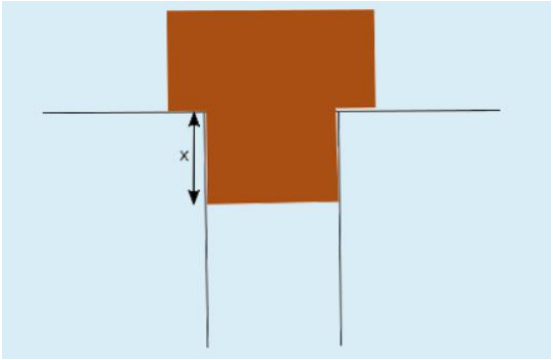
B2 Sasildot gaisu ārējā cilindrā līdz temperatūrai $T_2 = 300$ K, kāda būs augstumu atšķirība starp ūdens līmeņiem ārējā cilindrā un caurulītē?

Atbilde: $h =$ ☐ m **[2 p]**

C Kādai jābūt gāzes temperatūrai ārējā cilindrā, lai ūdens aizpildītu visu caurulīti, ja sākuma temperatūra ir 290 K?

Atbilde: $T_2 =$ ☐ K **[1,5 p]**

2. Tagad uzdevumā apskatīsim situāciju, kur uz iekšējā cilindra uzlikts korķis, un gaisa daudzums cilindrā vairs nemainās. Korķis ir iebāzts cilindrā $x =$ 1 cm dziļumā. Korķa sākuma diametrs ir 11 cm, korķa Junga modulis ir 4,5 MPa, korķa masa ir 20 g, miera berzes koeficients starp korķi un stiklu ir 0,75, slīdes berzes koeficients ir 0,5. 264. attēlā dota ilustrācija, kā korķis ielikts iekšējā cilindrā.



264. att.

A Kāda ir berzes spēka vērtība, un kāda ir minimālā spiediena vērtība cilindrā, lai korķis izkustētos? Ieteikums apskatīt korķi kā absolūti elastīgu ķermeni.

Atbilde: $F_b =$ ☐ N; $p_{min} =$ ☐ Pa **[2 p]**

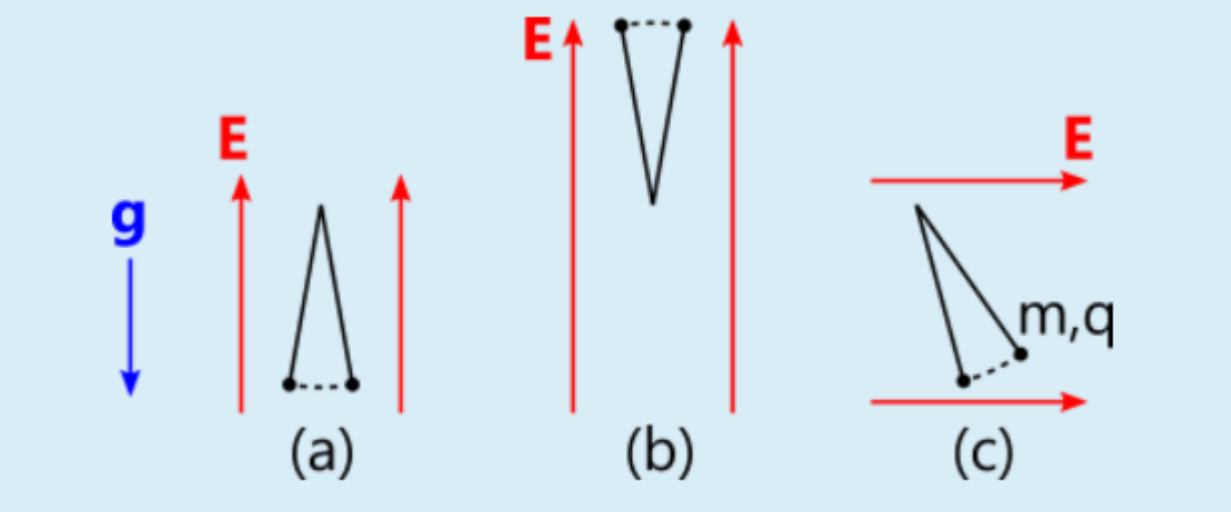
B Kad ir pārvarēts miera berzes spēks (korķis joprojām 1 cm dziļumā caurulītē), divatomu gāze — gaiss — adiabātiski izplešas. Noteikt gāzes daudzumu cilindrā (tas sakrīt ar gāzes daudzumu, kāds ir sākumā aprakstītajā situācijā). Kāds darbs ir jāveic, lai korķi izspiestu ārā no cilindra, ja korķis izlido no cilindra ar 9 m/s ātrumu? Noteikt ar to saistīto gāzes temperatūras izmaiņu.

Atbilde: $n =$ ☐ mol; $A =$ ☐ J; $\Delta T =$ ☐ K **[3 p]**

V2020-11-3. SVĀRSTĪGIE LĀDIŅI

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Šajā uzdevumā aplūkosim lādētu daļiņu kustību elektriskajā laukā. Brīvās krišanas paātrinājums $g = 10$ m/s², lādiņu pārdalījumu uz kondensatora platēm tuvumā esošo lādiņu ietekmē neņemt vērā. Apskatot svārstības, pieņemt, ka svārstību amplitūda ir maza un periods nav atkarīgs no amplitūdas.



265. att.

1. Nekustīgā šarnīrā iesiets diegs ar garumu L, kura galā atrodas maza uzlādēta lode ar masu m un lādiņu $q > 0$. Lādiņa un masas attiecība $q/m = 2$ mC/kg. Aprakstītais svārsts tiek ievietots homogēnajā elektriskajā laukā, kā parādīts attēlos 265(a), 265(b) un 265(c). Ja svārsts netiek ievietots ārējā elektriskajā laukā, tā brīvo svārstību periods ir $T_0 = 1{,}5$ s.

A Aprēķināt svārsta garumu L.

Atbilde: $L =$ ☐ cm **[0,5 p]**

B Aprēķināt elektriskā lauka intensitāti, pie kuras notiks pāreja no attēlā 265(a) uz 265(b) attēloto situāciju.

Atbilde: $E_{kr} =$ ☐ kV/m **[0,5 p]**

C Cik stiprai jābūt elektriskā lauka intensitātei, lai attēlos 265(a) un 265(b) parādītajās situācijās svārstību periods būtu 3,0 s?

Atbilde: $E_a =$ ☐ kV/m; $E_b =$ ☐ kV/m **[1,5 p]**

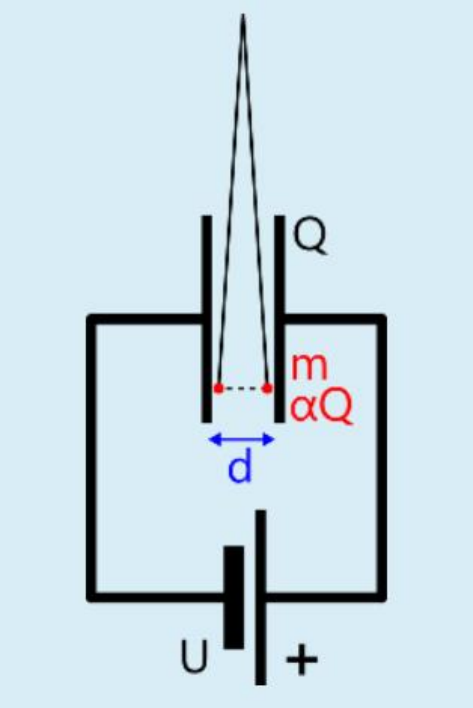
D Noteikt leņķi, ko līdzsvara stāvoklī svārsts veido ar vertikālo virzienu attēlā 265(c) parādītajā situācijā, ja $E = 2$ kV/m.

Atbilde: $\varphi =$ ☐ ° **[0,5 p]**

E Noteikt svārstību periodu attēlā 265(c) parādītajā situācijā, ja $E = 2$ kV/m.

Atbilde: $T =$ ☐ s. **[1 p]**

2. Maza metāla lode ar masu m = 4 g ir iekārta garā diegā un ievietota starp vertikāli novietota plakana kondensatora klājumiem (266. att.). Kondensatoram pielikts spriegums U = 2 kV, kondensatora katra klājuma laukums S = 0,01 m² un attālums starp klājumiem d = 5 mm. Svārstību uzsākšanai lodi pieliek pie viena no klājumiem.



266. att.

Risinot uzdevumu, pieņemt, ka elektriskais lauks starp klājumiem ir homogēns un laikā nemainīgs, lodes lādiņš $|q| = \alpha |Q|$, kur α = 0,005, ir daudz mazāks par kondensatora lādiņu $|Q|$, lode pārvietojas tikai horizontālā virzienā, un svārstības ir periodiskas. Attiecība starp lodes ātruma moduli pēc un pirms sadursmes ar klājumu $\beta = v_2/v_1$ = 0,8, sadursme notiek momentāni. Lādiņu pārdalīšanos, smaguma spēka un berzes spēka ietekmi neņemt vērā.

A Aprēķināt lodes vidējo ātrumu, tai kustoties no viena kondensatora klājuma pie otra.

Atbilde: v_{vid} = ☐ mm/s **[2 p]**

B Aprēķināt vidējo ķēdē plūstošās strāvas stiprumu.

Atbilde: I_{vid} = ☐ nA **[1 p]**

C Aprēķināt vidējo spēku, ar kādu lode iedarbojas uz klājumiem (saduroties).

Atbilde: F_{vid} = ☐ mN **[1 p]**

D Atrast, kāda sakarība pastāv starp „lodes gāzes" spiedienu p un tilpumu V. Pieņemt, ka p nosaka lodes atsišanās no kondensatora klājumiem, bet V ir tilpums starp kondensatora klājumiem. Pakāpes rādītājus izvēlēties tā, lai tie būtu mazākie iespējamie veselie skaitļi.

Atbilde: $p^A V^B = const$, kur A = ☐ un B = ☐. **[1,5 p]**

3. Īsi paskaidrot iepriekšējā jautājumā aprakstīto svārstību mehānismu. **[0,5 p]**

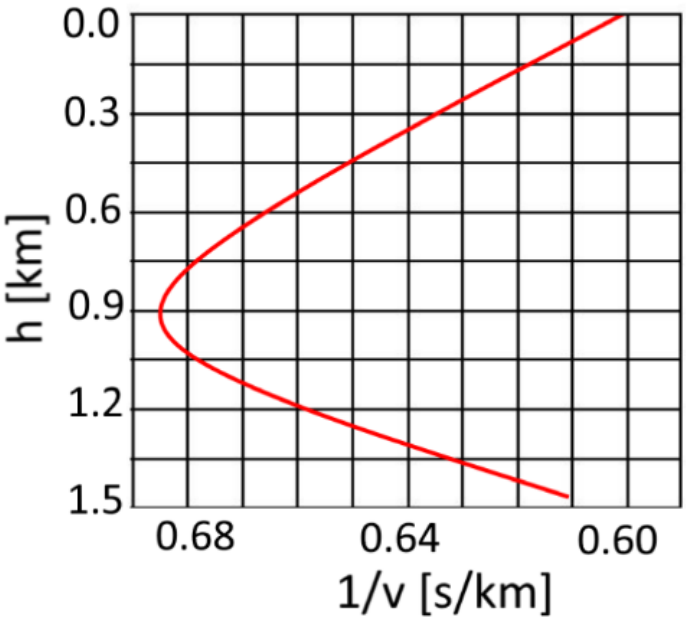
12. klase

V2020-12-1. SKAŅA OKEĀNĀ

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Okeāna dzīlēs ir slānis, kurā skaņas ātrums ir lokāli minimāls. Šis slānis rodas divu pretējo efektu konkurences dēļ: pirmais efekts ir spiediena pieaugums ar dziļumu, kas noved pie skaņas ātruma palielināšanās, otrs efekts ir temperatūras pazemināšanās, kas noved pie skaņas ātruma samazināšanās. Šis īpašais slānis koncentrē skaņu un neļauj tai no slāņa izbēgt, līdzīgā veidā kā optiskā šķiedra fokusē gaismu. Tādēļ šo slāni sauc par SOFAR (no angļu *SOund Fixing And Ranging*) skaņas kanālu.

Dziļumu zem jūras līmeņa apzīmēsim ar *h* un skaņas ātrumu attiecīgajā dziļumā ar *v(h)*. 267. attēlā ir parādīta sakarība starp 1/*v* un *h*.



267. att.

1. Izmantojot doto grafiku, aprēķini spiedienu SOFAR kanālā, ja ūdens blīvums ir $\rho_{\text{ū}} = 1000$ kg/m^3.

Atbilde: *p* = ☐ MPa **[0,5 p]**

2. Izmantojot 267. attēlā doto grafiku, aprēķini laiku, kurā dziļumā *H* = 1,2 km radīts skaņas signāls sasniedz jūras līmeni. (Pilni punkti par precizitāti, labāku par 2%, daļēji punkti par atbildi 5% robežās).

Atbilde: *t* = ☐ s **[2 p]**

3. Skaņa kanālā tiek fokusēta, un lielākā daļa sākotnējā signāla enerģijas paliek divdimensionālajā slānī. Šo efektu izmanto vaļi, lai komunicētu savā starpā, atrodoties pat simtiem kilometru viens no otra! Lai raksturotu skaņas signāla skaļumu, ir izdevīgi ieviest decibelu skalu $\beta = 10 \log_{10}\left(\frac{I}{I_0}\right)$ [dB], kur β ir signāla skaļums decibelos, *I* ir skaņas intensitāte (jauda uz laukuma vienību) un $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2 ir minimālā intensitāte, ko var uztvert cilvēks ar normālu dzirdi.

Vispirms apskatīsim vienkāršu situāciju, lai iemācītos darboties ar decibelu skalu. Strāva caur skaļruni ir *I* = 1,5 A, tas ir pieslēgts spriegumam *U* = 10 V, un tā lietderības koeficients ienākošās jaudas pārvēršanai skaņā ir η = 0,02. Ja brīdī, kad skaņa nonāk tavās ausīs, tās viļņa frotnes laukums ir *S* = 300 m^2, cik skaļš izklausās skaļrunis?

Atbilde: β = ☐ dB **[1 p]**

4. Tagad salīdzināsim skaļumu SOFAR kanālā un brīvas izplatīšanās gadījumā. Pieņemsim, ka SOFAR kanālu varam modelēt kā homogēnu slāni ar biezumu *d* un ka x = 10% no kanālā atskaņotās skaņas enerģijas paliek tajā ieslēgta. Brīvas izplatīšanās gadījumā, skaņa vienmērīgi izplatās visos telpas virzienos trijās dimensijās.

Ja kanāla biezums ir d = 100 m un attālums, kurā mērīta skaņas intensitāte, ir L = 10 km, cik liela ir atšķirība skaļuma līmenī starp kanālu un brīvu izplatīšanos $\Delta\beta = \beta_{kan} - \beta_{brīvs}$? Pieņem, ka abos gadījumos skaņas avotam ir vienāda jauda.

Atbilde: $\Delta\beta =$ ☐ dB **[1,5 p]**

5. Otrajā pasaules karā SOFAR kanāls tika izmantots, lai atrastu jūrā pazudušus pilotus. Viņiem tika iedota tukša metāliska čaula, kuru pilots pēc avārijas nosēšanās iemeta jūrā un tā kanāla dziļumā tika saspiesta ūdens spiediena dēļ, radot skaņas triecienvilni. Šo vilni bija iespējams detektēt ar mikrofoniem, kas bija ievietoti vairākās vietās okeānā attiecīgajā dziļumā, un, izmantojot informāciju par signāla pienākšanas laiku, bija iespējams noteikt aptuvenas pilota koordinātas.

Pieņemsim, ka mums ir doba sfēriska čaula ar rādiusu R = 10 cm, sieniņu biezumu b = 0,5 cm un materiāla blīvumu $\rho_č$ = 7,7 g/cm^3. Uz čaulu darbojošos gravitācijas un Arhimēda spēku summu var raksturot ar efektīvo krišanas paātrinājumu g_{eff}. Aprēķini g_{eff}!

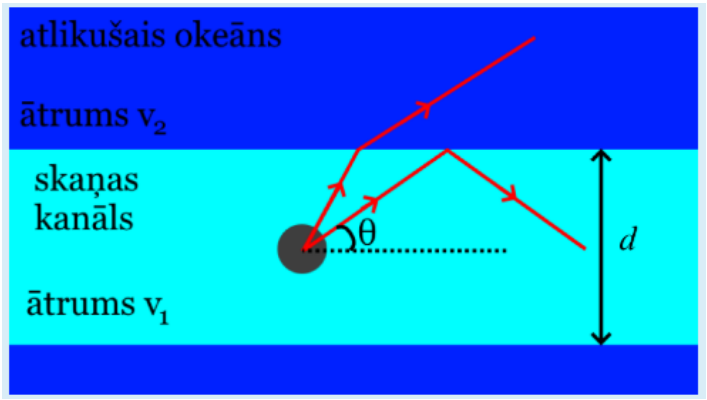
Atbilde: g_{eff} = ☐ m/s^2 **[1 p]**

6. Grimšanas laikā uz čaulu darbojas arī berzes spēks apkārt esošā ūdens viskozitātes dēļ, $F_d = -Cv$, kur C = 1,6 kg/s ir konstante un v čaulas momentānais grimšanas ātrums.

Aprēķini laiku t, kurā čaula nokļūst līdz skaņas kanālam!

Atbilde: t = ☐ min. **[2 p]**

7. SOFAR kanālā paliek tik daļa no tā vidus izstarotajiem skaņas viļņiem. Šajā jautājumā modelēsim kanālu kā homogēnu slāni (skat. 268. att.), kura iekšienē skaņas ātrums ir v_1 = 1480 m/s, savukārt atlikušais okeāns arī ir homogēns un skaņas ātrums tajā ir v_2 = 1560 m/s.



268. att.

Aprēķini maksimālo leņķi θ starp signāla izplatīšanās virzienu un horizontālo virzienu, pie kura skaņa izplatās SOFAR kanālā. Vari pieņemt, ka skaņas viļņa garums ir daudz mazāks par slāņa biezumu d un pielietot ģeometriskās optikas likumus skaņas viļņiem.

Atbilde: θ = ☐ ° **[2 p]**

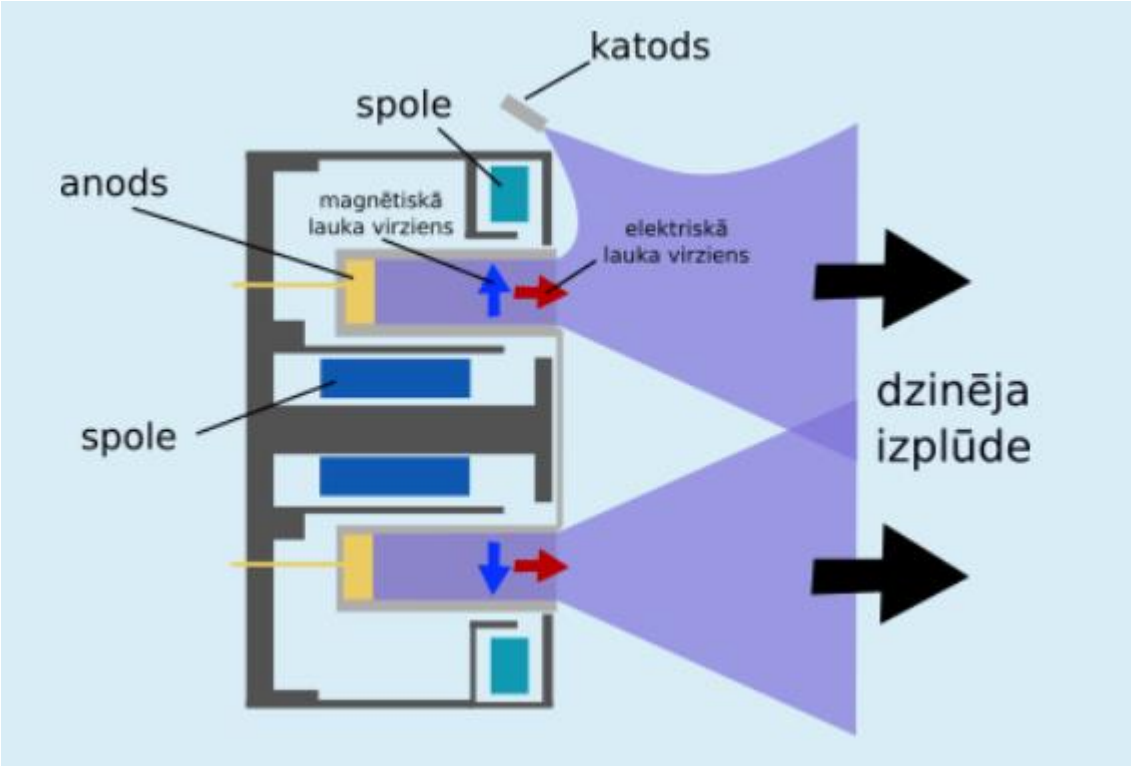
V2020-12-2. HOLA EFEKTA REAKTĪVAIS DZINĒJS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Jonu reaktīvo dzinēju darbības princips ir jonu paātrināšana ar elektrisko lauku. Šos dzinējus izmanto kosmisko aparātu orbītu korekcijām, tai skaitā kompānijas SpaceX pavadoņu sērijā Starlink. Viens no jonu reaktīvo dzinēju paveidiem ir tā saucamie Hola efekta reaktīvie dzinēji, kas izmanto magnētisko lauku, lai nodalītu elektronu un paātrināmo jonu kustību. Hola efekta dzinēja uzbūves shēma ir parādīta 269. attēlā.

Dzinējā tiek ievadīta ksenona gāze. To jonizē sadursmes ar elektroniem. Paātrināšanas apgabalā (tur, kur attēlā iezīmētas zilas un sarkanas bultas), magnētiskā un elektriskā lauka virzieni ir savstarpēji perpendikulāri. Elektriskais lauks vērsts paralēli dzinēja asij, bet magnētiskais lauks ir vērsts radiāli.

Šajā uzdevumā var neņemt vērā elektronu un jonu savstarpējo mijiedarbību, jonizācijai nepieciešamo enerģiju, kā arī relatīvistiskos efektus.



269. att.

1. Šajā jautājumā aplūkosim nelielu paātrināšanas apgabala daļu, kurā gan magnētisko, gan elektrisko laukus var uzskatīt par homogēniem, un aprēķināsim tipiska Hola efekta dzinēja parametrus. Magnētiskā lauka indukcija ir B = 0,01 T.

A Viena elektrona ātrums ir vērsts perpendikulāri gan elektriskajam, gan magnētiskajam laukam. Elektriskā lauka intensitāte ir E = 10000 V/m. Cik liels ir šī elektrona kustības ātrums v, ja tā kustības virziens paliek nemainīgs?

Atbilde: v = ☐ m/s. **[1 p]**

B Aprēķināt punktā A aprakstītā elektrona kinētisko enerģiju elektronvoltos.

Atbilde: E_{kin} = ☐ eV **[0,5 p]**

C Cik lielu kinētisko enerģiju un cik lielu ātrumu iegūst $^{131}Xe^{+}$ jons, ja tas tiek paātrināts no miera stāvokļa ar potenciālu starpību U = 300 V (šajā punktā magnētiskā lauka efektu var neņemt vērā)?

Atbilde: E_{kin} = ☐ eV un v = ☐ m/s. **[1 p]**

D Brīdī, kad $^{131}Xe^{+}$ jons ir sasniedzis ātrumu v_1 = 15000 m/s, ātruma virziens ir paralēls elektriskā lauka, intensitātes līnijām. Elektriskā lauka intensitāte E = 10000 V/m. Aprēķināt leņķi θ starp jona ātrumu un paātrinājumu!

Atbilde: θ = [ ] °. **[1 p]**

2. Iepriekšējā jautājumā veiktie novērtējumi apliecina, ka pateicoties magnētiskajam laukam (Hola efektam), elektronu radītā strāva plūst galvenokārt par riņķa līniju un nodrošina efektīvu gāzes jonizāciju, savukārt paši joni ir pietiekami smagi, lai to kustība paliktu praktiski taisnvirziena paralēli dzinēja asij.

Šajā un turpmākajos jautājumos apskatīsim vienkāršotu jonu dzinēja nepārtrauktas darbības modeli, kurā tiek ņemta vērā tikai jonu paātrināšana homogēnā elektriskajā laukā. Dzinēja jauda P = 2 kW tiek tērēta tikai lietderīgi, paātrinošais spriegums ir U = 300 V.

A Cik lielu reaktīvu spēku rada dzinējs?

Atbilde: F = [ ] N **[3 p]**

B Cik liela ksenona masa tiek patērēta vienas dzinēja darbības minūtes laikā?

Atbilde: M = [ ] g/min **[1,5 p]**

C Cik reizes mainīsies dzinēja radītais spēks, ja ksenona jonu $^{131}Xe^{+}$ vietā tiks izmantots argons $^{40}Ar^{+}$?

Atbilde: $F_{Ar} : F_{Xe}$ = [ ] **[1 p]**

3. Īsi paskaidro iepriekšējo jautājumu (par masas patēriņu un dzinēja radīto spēku) risināšanas gaitu, uzskaitot izmantotās fizikālās sakarības un pamatojot savu spriedumu.

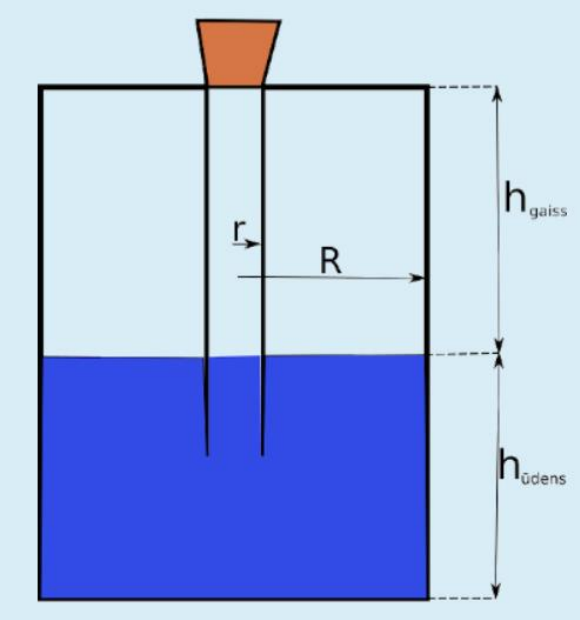
4. Kādu maksimālo ātruma izmaiņu Δv pavadonim ar masu m_p = 260 kg var piešķirt dzinējs, kas rada spēku F = 0,5 N un patērē M = 10 g/min, izlietojot m_{Xe} = 1 kg ksenona?

Atbilde: Δv = [ ] m/s **[1 p]**

V2020-12-3. GĀZES PARAMETRU MĒRTRAUKS

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Uzdevumā aplūkosim interesantu trauku, kurš dēļ dažādiem termodinamikas un mehānikas procesiem spēj gan kalpot kā spiediena mērītājs, gan kā strūklaka, gan pat kā termometrs. Šoreiz aplūkosim nedaudz citādus fizikālus procesus, ko var demonstrēt ar trauku. Dots hermētiski noslēgts cilindrisks trauks, kurš sastāv no divām daļām: ārēja cilindra ar rādiusu R = 50 cm un caurulītes ar rādiusu r = 5 cm, kas atrodas ārējā cilindra centrā. Trauks ir piepildīts ar ūdeni kā rādīts 270. attēlā.



270. att.

Sākumā traukā ir atmosfēras spiediens 10^5 Pa, ūdens augstums ir $h_{ūdens} = 0{,}5H = 0{,}5$ m, jeb puse no visa cilindra augstuma H = 1 m, gaisa temperatūra T_1 = 290 K, brīvās krišanas paātrinājums ir 9,81 m/s². Neņemt vērā virsmas spraiguma efektus, ūdens iztvaikošanu un tvaiku.

1.

A Aprēķināt caurulītes un ārējā cilindra gaisa tilpumu attiecību V_i/V_a, ja ūdens līmenis ir vienāds visā traukā.

Atbilde: V_i/V_a = ☐ **[0,5 p]**

B1 Iesākumā apskatīsim situāciju, kur korķis nav uzlikts. Vienādojums $p(h) = ah + b$ apraksta spiedienu ārējā cilindrā paskālos atkarībā no ūdens staba augstuma caurulītē. Kādas vērtības ir koeficientiem a un b, un kādas ir to mērvienības?

Atbilde: **[1 p]** a = ☐ ♦ J/m^4 ♦N/m ♦Pa m/s^2 ♦ J Pa s^2/(kg m^2) ♦bar

b = ☐ ♦ J/m^4 ♦N/m ♦Pa m/s^2 ♦ J Pa s^2/(kg m^2) ♦bar

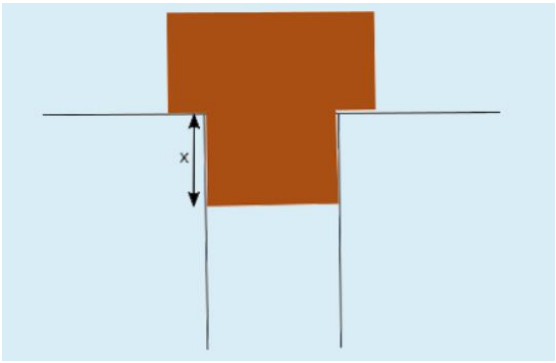
B2 Sasildot gaisu ārējā cilindrā līdz temperatūrai T_2 = 300 K, kāda būs augstumu atšķirība starp ūdens līmeņiem ārējā cilindrā un caurulītē?

Atbilde: h = ☐ m **[2 p]**

C Kādai jābūt gāzes temperatūrai ārējā cilindrā, lai ūdens aizpildītu visu caurulīti, ja sākuma temperatūra ir 290 K?

Atbilde: T_2 = ☐ K **[1,5 p]**

2. Tagad uzdevumā apskatīsim situāciju, kur uz iekšējā cilindra uzlikts korķis, un gaisa daudzums cilindrā vairs nemainās. Korķis ir iebāzts cilindrā $x = 1$ cm dziļumā. Korķa sākuma diametrs ir 11 cm, korķa Junga modulis ir 4,5 MPa, korķa masa ir 20 g, miera berzes koeficients starp korķi un stiklu ir 0,75, slīdes berzes koeficients ir 0,5. 271. attēlā dota ilustrācija, kā korķis ielikts iekšējā cilindrā.



271. att.

A Kāda ir berzes spēka vērtība, un kāda ir minimālā spiediena vērtība cilindrā, lai korķis izkustētos? Ieteikums apskatīt korķi kā absolūti elastīgu ķermeni.

Atbilde: F_b = ☐ N; p_{min} = ☐ Pa **[2 p]**

B Kad ir pārvarēts miera berzes spēks (korķis joprojām 1 cm dziļumā caurulītē), divatomu gāze — gaiss — adiabātiski izplešas. Noteikt gāzes daudzumu cilindrā (tas sakrīt ar gāzes daudzumu, kāds ir sākumā aprakstītajā situācijā). Kāds darbs ir jāveic, lai korķi izspiestu ārā no cilindra, ja korķis izlido no cilindra ar 9 m/s ātrumu? Noteikt ar to saistīto gāzes temperatūras izmaiņu.

Atbilde: n = ☐ mol; A = ☐ J; ΔT = ☐ K **[3 p]**

Atrisinājumi un skaidrojumi

2016./2017. mācību gads – Latvijas 67. fizikas olimpiāde

Novada olimpiāde – 2017

9. klase

N2017-9-1. LAIVAS

1.

A Noskaidrojam katra ceļa posma garumu, zinot kopējo ceļa garumu *l* = 20 km.

Pirmais ceļa posms jeb puse no ceļa ir 10 km. Otrais ceļa posms jeb ¾ no atlikušā ceļa ir 7,5 km. Trešais jeb atlikušais ceļa posms ir 2,5 km.

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{10\ \text{km}}{20\ \text{km/h}} = 0{,}5\ \text{h} = \mathbf{1800\ s}$$

$$t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{7{,}5\ \text{km}}{10\ \text{km/h}} = 0{,}75\ \text{h} = \mathbf{2700\ s}$$

$$t_3 = \frac{s_3}{v_3} = \frac{2{,}5\ \text{km}}{15\ \text{km/h}} = \frac{1}{6}\ \text{h} = \mathbf{600\ s}$$

B

$$v_{vid} = \frac{l}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{20\ \text{km}}{(1800 + 2700 + 600)\ \text{s}} = \mathbf{3{,}92\ m/s}$$

2.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Ar ko ir vienāds motorlaivas veiktais ceļš pirmajā pusē no brauciena laika?

– Ar ko ir vienāds motorlaivas veiktais ceļš otrajā pusē no brauciena laika?

Vidējais ātrums raksturo motorlaivas veikto ceļu attiecīgā laika posmā.

$$v_{vid,1} = \frac{s_1 + s_2}{t} = \frac{1}{t}\left(v_1\frac{t}{2} + v_2\frac{t}{2}\right) = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{25 + 10}{2} = \mathbf{17{,}5\ \frac{km}{h}}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Ar ko ir vienāds motorlaivas patērētais laiks ceļa pirmās puses veikšanai?

– Ar ko ir vienāds motorlaivas patērētais laiks ceļa otrās puses veikšanai?

Vidējais ātrums raksturo motorlaivas veikto ceļu attiecīgā laika posmā.

$$v_{vid,2} = \frac{s}{t_1 + t_2} = \frac{s}{\frac{\left(\frac{s}{2}\right)}{v_1} + \frac{\left(\frac{s}{2}\right)}{v_2}} = 2\frac{v_1 v_2}{v_1 + v_2} = 2 \times \frac{25 \cdot 10}{25 + 10} = \mathbf{14{,}3\ \frac{km}{h}}$$

3. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik reižu lielāku ātrumu motorlaiva pārvietojās ceļa pirmajā pusē salīdzinājumā ar ātrumu ceļa otrajā pusē?

– Ar ko ir vienāds motorlaivas veiktais ceļš pirmajā pusē no brauciena laika?

– Ar ko ir vienāds motorlaivas veiktais ceļš otrajā pusē no brauciena laika?

Vidējais ātrums raksturo motorlaivas veikto ceļu attiecīgā laika posmā.

$$v_1 = 3v_2$$

$$v_{vid} = \frac{s}{t} = \frac{s}{t_1 + t_2} = \frac{s}{\frac{\left(\frac{s}{2}\right)}{v_1} + \frac{\left(\frac{s}{2}\right)}{v_2}} = 2\frac{v_1 v_2}{v_1 + v_2} = 2\frac{3v_2^2}{4v_2} = \frac{3}{2}v_2$$

$$v_2 = \frac{2}{3}v_{vid} = \frac{2}{3} \times 15\ \frac{\text{km}}{\text{h}} = \mathbf{10\ \frac{km}{h}}$$

$$v_1 = 3v_2 = \mathbf{30\ \frac{km}{h}}$$

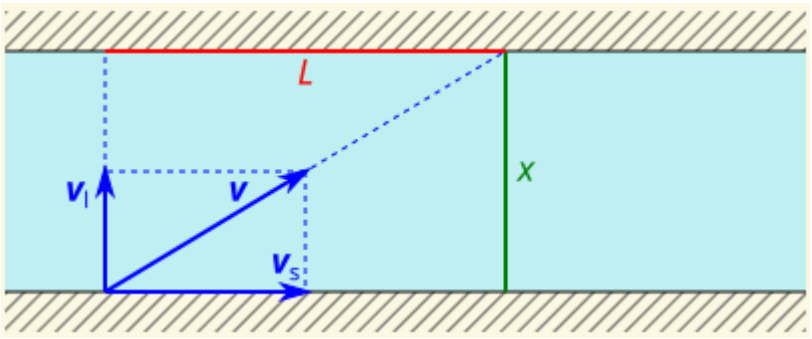
4. Motorlaiva un kuģis pārvietojas vienā virzienā, tāpēc motorlaiva tuvojas kuģim ar ātrumu 10 km/h.

A Motorlaiva panāks kuģi pēc laika $t = \frac{s}{v} = \frac{1\ \text{km}}{10\ \text{km/h}} = 0{,}1\ \text{h} = \mathbf{360\ s}$

B Motorlaiva būs šajā laikā nobraukusi $s_1 = v_1 t = 25\frac{\text{km}}{\text{h}} \times 0{,}1\ \text{h} = \mathbf{2{,}5\ km}$

C Kuģis šajā laikā būs nobraucis $s_2 = v_2 t = 15\frac{\text{km}}{\text{h}} \times 0{,}1\ \text{h} = \mathbf{1{,}5\ km}$

5.



272. att.

A Laivas kustību ietekmē straume. Kustība straumes virzienā notiek tikai straumes ātruma dēļ.

$v_s = \frac{L}{t} = \frac{600\ \text{m}}{600\ \text{s}} = \mathbf{1\ m/s}$

B Perpendikulāri upei laiva kustas, pateicoties airētāja radītajam ātrumam $v_1 = \frac{x}{t} = \frac{1200\ \text{m}}{600\ \text{s}} = \mathbf{2\ m/s}$

C Kopējais laivas kustības ātrums ir izsakāms, ņemot vērā airētāja radīto laivas ātrumu v_1 un leņķi α.

$sin\alpha = \frac{v_1}{v}$ un $v = \frac{v_1}{sin\alpha}$

Upes šķērsošanas laiks būs minimāls, ja laivas ātrums būs maksimāls. Tas ir iespējams, ja $sin90^0 = 1$, t. i. $\alpha = \mathbf{90^0}$.

D **Uzvedinoši jautājumi:**

– Vai upes straumes ātrums ietekmē konkrēto fizikālo lielumu?

– Kā upes straumes ātrums ietekmē konkrēto fizikālo lielumu?

Kopējais laivas kustības ātrums v	**Palielināsies**		
Upes šķērsošanas laiks			**Nemainīsies**
Leņķis α, kurā jāvirza laiva, lai laiks, kurā laiva šķērsotu upi būtu vismazākais.			**Nemainīsies**
Attālums *L* zemāk pa straumi, kurā sasniedz otru krastu.	**Palielināsies**		

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā – vienmērīga kustība:

- vidējais ātrums (1B, 2. un 3. jautājums), ātrums vienmērīgā kustībā (visi jautājumi), ātruma komponentes (5C).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (1.,4A, 5A, 5B);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (2., 3.);
- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskas likumsakarības (1., 4., 5A, 5B);
- modelēt procesus, atrodot robežnosacījumus (5C);
- izvērtēt fizikālo lielumu maiņu jaunos apstākļos (5D).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt un veikt vienkāršu darbību – jautājumi 1B, 4B un 4C;
- veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – jautājumi 1A, 4A, 5A un 5B;
- salīdzināt, skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – jautājumi 2., 3., 5C un 5D.

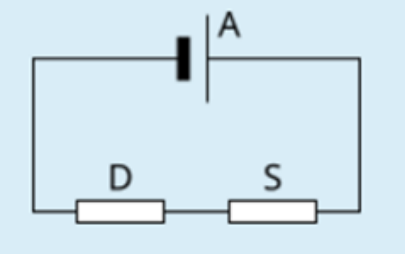
Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par vienmērīgas kustības raksturlielumiem un tos saistošajām likumsakarībām. Skolēnam jāprot analizēt kustību, saskatīt kā atsevišķu kustības posmu raksturlielumu maiņa ietekmē kustības vidējo ātrumu, modelēt kustību. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, aprakstīt kustību izmantojot atbilstošās sakarības, izteikt fizikālos lielumus, apvienojot vairākas sakarības, veikt aprēķinus

N2017-9-2. BMW REMONTS

1. Kā redzams 273. attēlā, drošinātājs un sildītājs ir saslēgti **virknes slēgumā**.

2. Elementi ir saslēgti virknes slēgumā. $I_D = I_S$

3. **Nav iespējams izvēlēties kādu no atbildēm, ja nav zināmas drošinātāja un sildītāja pretestības**, jo virknes slēgumā sprieguma kritumi ir atkarīgi no pretestībām.



273. att.

Atbildi $U_D < U_S$ arī var uzskatīt par pareizu un to var iegūt, ja izmanto Oma likumu $U = IR$ un pretestības, kas dotas piektajā jautājumā.

4. **Uzvedinoši jautājumi:**
– No kā ir atkarīga vada pretestība? Kuri lielumi aprakstītajā situācijā mainās un kuri nē?

Pretestība ir atkarīga no vada materiāla, vada garuma un šķērsgriezuma laukuma $R = \frac{\rho l}{S}$. Vads izgatavots no vara, un tā garums nemainās. Tātad pretestību šajā gadījumā ietekmē vada šķērsgriezuma laukums. Pretestība ir maza, ja laukums ir liels.

Atbilde: **Kontaktu laukums ir liels, tātad pretestība ir maza.**
ℓ = **0,01 m**
S = **10^{-6} m^2**

$$R = \frac{\rho l}{S} = \mathbf{0{,}00018\ \Omega}$$

5. Virknes slēgumā: $I_D = I_S$

Izmantosim Oma likumu: $U = IR$. Tā kā strāvas stiprums, kas plūst caur drošinātāju un sildītāju ir viens un tas pats, tad spriegums lielāks būs uz ķēdes elementa, kura pretestība ir lielāka: $U_D < U_S$.

Slēguma kopējā pretestība: $R = R_S + R_D = 48 + 10^{-4} =$ **48,0001 Ω**
Slēgumā plūstošās strāvas stiprums: $I = \frac{U}{R} = \frac{12}{48{,}0001} =$ **0,249999 A**
Spriegums uz drošinātāja: $U_D = IR_D = 0{,}249999 \cdot 10^{-4} =$ **$2{,}5 \cdot 10^{-5}$ V**

6. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Kā drošinātāja pretestība ir atkarīga no kontakta šķērsgriezuma laukuma?

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

Ja kontaktu laukums samazinās 10 reizes, tad drošinātāja pretestība **palielināsies 10 reizes**.

Slēguma kopējā pretestība: $R = R_S + R_D = 48 + 10^{-3} =$ **48,001 Ω**
Slēgumā plūstošās strāvas stiprums: $I = \frac{U}{R} = \frac{12}{48{,}001} =$ **0,24999 A**
Spriegums uz drošinātāja: $U_D = IR_D = 0{,}24999 \cdot 10^{-3} =$ **$2{,}5 \cdot 10^{-4}$ V**

7. **Uzvedinoši jautājumi:**
- Kādos apstākļos slēgumā var izkust drošinātājs?
- No kā ir atkarīgs siltuma daudzums, kas izdalās uz drošinātāja?
- Kā mainās caur drošinātāju plūstošās strāvas stiprums slēgumā, kurā drošinātājs ielikts pavirši, salīdzinājumā ar slēgumu, kurā drošinātājs ielikts pareizi?
- Kā mainās spriegums uz drošinātāja slēgumā, kurā drošinātājs ielikts pavirši, salīdzinājumā ar slēgumu, kurā drošinātājs ielikts pareizi?

Strāvas iedarbībā drošinātājs sasilst un var izkust. Siltuma daudzums, kas izdalās uz drošinātāja $Q = IUt$ ir atkarīgs no strāvas stipruma, kas plūst caur drošinātāju, sprieguma, kas pielikts drošinātājam un strāvas plūšanas laika.

Salīdzinot strāvas stiprumu, kas plūst virknes slēgumā abos gadījumos, redzams, ka strāva, kas plūst caur drošinātāju praktiski nemainās: $I_{D1} = 0{,}249999\ \text{A}$ un $I_{D2} = 0{,}24999\ \text{A}$ (skat. 5. un 6. jautājuma risinājumu).

Salīdzinot spriegumu uz drošinātāja abos gadījumos, redzams, ka tas ir palielinājies 10 reizes: $U_{D1} = 2{,}5 \cdot 10^{-5}\ \text{V}$ un $U_{D2} = 2{,}5 \cdot 10^{-4}\ \text{V}$ (skat. 5. un 6. jautājuma risinājumu).

Caur drošinātāju plūstošā strāva gandrīz nemainās, bet spriegums uz drošinātāja būtiski palielinās.

8.

$$m = \frac{Q}{\lambda} = \frac{834}{333550} = 2{,}5 \cdot 10^{-3}\ \text{kg} = \mathbf{2{,}5\ g}$$

9.

Ledus slāņa tilpums $V = hS \rightarrow h = \frac{V}{S}$

Ledus blīvums $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho}$

Ledus slāņa biezums:

$$h = \frac{m}{\rho S} = \frac{2{,}5 \cdot 10^{-3}}{936 \cdot 0{,}27} = 1 \cdot 10^{-5}\ \text{m} = \mathbf{0{,}01\ mm}$$

10. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kādiem procesiem tiek patērēts siltuma elementa pievadītais siltuma daudzums?

– Kā izkausētā sniega slāņa biezums ir atkarīgs no sniega blīvuma?

Mazāks, tāpēc ka daļa no siltuma tiktu patērēta ledus uzsildīšanai.

Lielāks, tāpēc ka tas izriet no formulas $h = \frac{m}{\rho S}$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos – elektriskās ķēdes (1. – 6. jautājums), elektriskās strāvas darbs un jauda (7. jautājums) un siltuma procesi (8. – 10. jautājums):

- virknes slēgums (1. – 3. un 5. – 7. jautājums), pretestība (4., 6.), elektriskās strāvas darbs un jauda (7.), Oma likums (5., 6., 7.);
- siltuma daudzums kušanas procesā (8., 10.), siltuma daudzums sildīšanas procesā (10.), vielas blīvums un tilpums (9., 10.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (4., 8., 9.)
- veikt analītiskus spriedumus par procesu, izmantojot sakarības starp fizikālajiem lielumiem (3., 4., 7.);
- izvērtēt fizikālo lielumu maiņu, izmantojot funkcionālas sakarības starp tiem (6., 10.);
- veikt aprēķinus (4., 5., 6., 8., 9.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt un veikt vienkāršu darbību – 1., 2. un 8. jautājums;
- veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 3., 5. un 9. jautājums;
- salīdzināt, skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – 3., 6., 7. un 10. jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par virknes slēgumu un siltuma procesiem. Skolēnam jāprot analizēt, kā mainās drošinātāja pretestība, ja mainās kontakta laukums; kā mainās strāvas stiprums un spriegums virknes slēgumā, ja mainās kāda elementa pretestība; kur tiek patērēts pievadītais siltuma daudzums aprakstītajā procesā. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, izmantot situācijai atbilstošas sakarības un veikt aprēķinus.

N2017-9-3. PINGVĪNI UZ LEDUS

1.

A Ledus gabala tilpums $V_0 = \frac{m}{\rho_{led}} = \frac{540000}{900} = 600\ \text{m}^3$

Tā kā ledus gabals peld, tad $F_{sm} = F_A$

$$mg = \rho_{ud} V g$$

$$V = \frac{m}{\rho_{ud}} = \frac{540000}{1000} = \mathbf{540\ m^3}$$

B $F_A = \rho_{ud} V g = 1000 \cdot 540 \cdot 9{,}8 = \mathbf{5\ 292\ 000\ N}$

C **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kāds lielums mainās, ja uz ledus gabala uzlec vairāki Adeles pingvīni?

– Vai Arhimēda cēlējspēks uz ledus gabala, uz kura atrodas pingvīni, ir atkarīgs no ledus un pingvīnu kopējās masas? Kā?

– Vai ledus gabals iegrimst dziļāk, ja uz tā uzlec vairāki Adeles pingvīni? Kāpēc?

– Kā atkarībā no ledus gabala iegrimušās daļas tilpuma maiņas, mainās virs ūdens virsmas esošās daļas augstums?

– No kā ir atkarīgs hidrostatiskais spiediens, kas darbojas uz ķermeņiem šķidrumā?

Ja pingvīni uzlec uz ledus gabala, tad mainās sistēmas masa – tā palielinās.

Arhimēda cēlējspēks ir atkarīgs no kopējās ledus un pingvīnu masas. Ja ledus gabals peld, tad: $F_A = F_{sm} = mg$. Palielinoties sistēmas masai Arhimēda cēlējspēks, kas darbojas uz ledu – palielinās.

Ja uz ledus gabala uzlec pingvīni, palielinās tā smaguma spēks un ledus gabals iegrimst dziļāk. Ja ledus gabals iegrimst dziļāk, tad virs ūdens esošā ledus gabala daļas augstums samazinās.

Hidrostatiskais spiediens ir atkarīgs no ūdens blīvuma, ūdens staba augstuma un brīvās krišanas paātrinājuma: $p = \rho g h$. Jo lielākā dziļumā atrodas ledus pamatne, jo lielāks spiediens uz to darbojas.

Arhimēda cēlējspēks uz ledu, ledus iegrimušās daļas tilpums un hidrostatiskais spiediens uz ledus pamatni **palielināsies**. Ledus gabala virs ūdens virsmas esošās daļas augstums – **samazināsies**.

D Kad vairāki pingvīni uzlec uz ledus gabala, tā kopējais smaguma spēks palielinās. Bet, tā kā ledus gabals joprojām peld, šo spēka izmaiņu līdzsvaro Arhimēda spēka izmaiņa.

$F_{sm} = F_A$

$$m_{ping} g = \rho_{\text{ūd}} V g$$

$$m_{ping} = \rho_{\bar{u}d} V = \rho_{\bar{u}d} Sh = 1000 \cdot 100 \cdot 0{,}005 = \mathbf{500\ kg}$$

2.

A Uzvedinoši jautājumi:

– No kā ir atkarīgs Arhimēda spēks?

– Kas mainās, ja pingvīns ienirst pēc barības 2 metru vai 10 metru dziļumā?

Arhimēda spēks ir atkarīgs no ūdens blīvuma, pingvīna tilpuma un brīvas krišanas paātrinājuma: $F_A = \rho_{\bar{u}d} V_{pin} g$. Visi minētie lielumi ir vienādi 2 m un 10 m dziļumā.

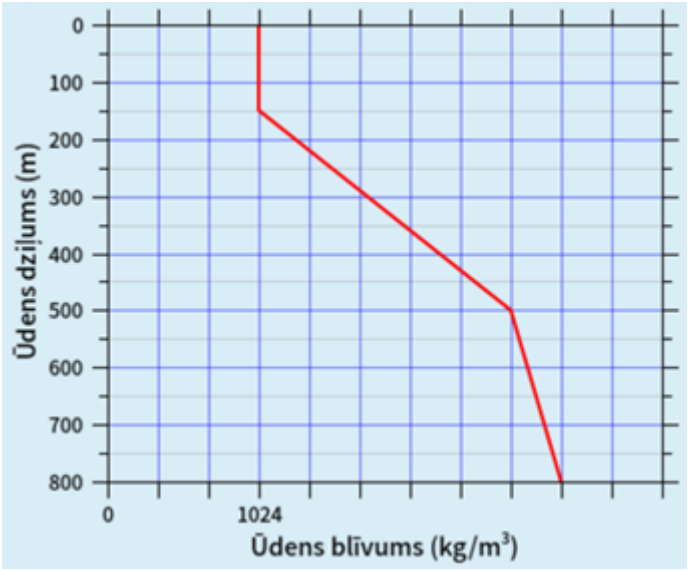
Abos gadījumos darbojas vienāds spēks.

B Uzvedinoši jautājumi:

– No kā ir atkarīgs Arhimēda spēks?

– Kas mainās, ja pingvīns ienirst pēc barības 150 metru vai 180 metru dziļumā (izpēti doto grafiku)? Kā tas ietekmē Arhimēda spēku, kas darbojas uz pingvīnu?

Arhimēda spēks ir atkarīgs no ūdens blīvuma, pingvīna tilpuma un brīvas krišanas paātrinājuma: $F_A = \rho_{\bar{u}d} V_{pin} g$. No 274. attēla grafika redzams, ka ūdens blīvums mainās: 180 m dziļumā ir lielāks nekā 150 m dziļumā, pingvīna tilpums un brīvās krišanas paātrinājums nemainās.



274. att.

Arhimēda cēlējspēks, pingvīnam ienirstot līdz 180 m dziļumam, **palielināsies**, jo šajā dziļumā **palielinās** ūdens blīvums.

3.

A $p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho V g}{S} = \frac{\rho S h g}{S} = \rho h g = 1024 \cdot 10 \cdot 9{,}8 = \mathbf{100352\ Pa}$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kurš vai kuri ūdens raksturlielumi ir atšķirīgi vienāda tilpuma saldūdenim un sālsūdenim?

– No kā ir atkarīgs hidrostatiskais spiediens?

Saldūdenim un sālsūdenim ir atšķirīgi blīvumi, līdz ar to arī vienāda tilpuma saldūdens un sālsūdens atšķirsies arī pēc masas. Hidrostatiskais spiediens ir atkarīgs no ūdens blīvuma, ūdens staba augstuma un brīvās krišanas paātrinājuma: $p = \rho g h$.

Saldūdens radītais spiediens uz baseina dibenu **samazināsies**, jo saldūdens blīvums ir **mazāks** nekā okeāna ūdens blīvums.

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds ir peldēšanas nosacījums, kad pingvīns atrodas uz ledus gabala?

– Kā mainās ledus izspiestā ūdens tilpums, ja salīdzina gadījumus, kad pingvīns peld zem ūdens un kad pingvīns atrodas uz ledus gabala?

Kad pingvīns ir uzlēcis uz ledus gabala un ledus gabals peld, tad $F_A = F_{sm}$, t. i.

$$\rho_{ud} g V_{pap} = m_{ping} g$$
$$\rho_{ud} V_{pap} = m_{ping}$$
$$\rho_{ud} V_{pap} = \rho_{ping} V_{ping}$$
$$V_{pap} = \frac{\rho_{ping} V_{ping}}{\rho_{ud}}$$

Tā kā pingvīna blīvums ir lielāks par ūdens blīvumu, tad papildus izspiestais ūdens tilpums ir lielāks nekā pingvīna tilpums, līdz ar to ūdens līmenis **palielināsies**, ja salīdzinām ar situāciju, kad pingvīns peldēja zem ūdens.

D Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels ir iegrimušās daļas tilpums, kad ledus gabali peld?

– Vai un kā mainās kušanas procesā iegūtā ūdens masa salīdzinājumā ar ledus gabala sākotnējo masu?

– Cik liels ir no izkusušā ledus iegūtais ūdens tilpums?

Ūdens līmenis **palielināsies**, jo ledus izkusušā ūdens (saldūdens) blīvums ir mazāks nekā sālsūdens blīvums, un, ledum izkūstot, tas aizņems lielāku tilpumu nekā ledus izspieda peldot.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par Arhimēda spēku un peldēšanas nosacījumiem:

- Arhimēda spēks (1., 2. un 3C jautājums), smaguma spēks (1A, 1D, 3C), tilpuma un blīvuma saistība (1A, 3D), tilpuma un laukuma saistība (1D, 3A), hidrostatiskais spiediens (1C, 3A, 3B), peldēšanas nosacījumi (1A, 1D, 3C, 3D).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- aprakstīt procesus, izmantojot matemātiskas likumsakarības (1A, 1D, 3A);
- veikt analītiskus spriedumus par procesu, izmantojot sakarības starp fizikālajiem lielumiem (2., 3B, 3C, 3D);
- izvērtēt fizikālo lielumu maiņu, izmantojot funkcionālas sakarības starp tiem (1C);
- nolasīt datus no grafika (2B);
- veikt aprēķinus (1A, 1B, 1D, 3A).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veikt vienkāršu darbību – jautājums 1B;
- veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – jautājumi 1A, 1D un 3A;
- salīdzināt, skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – jautājumi 1C, 2., 3B, 3C un 3D.

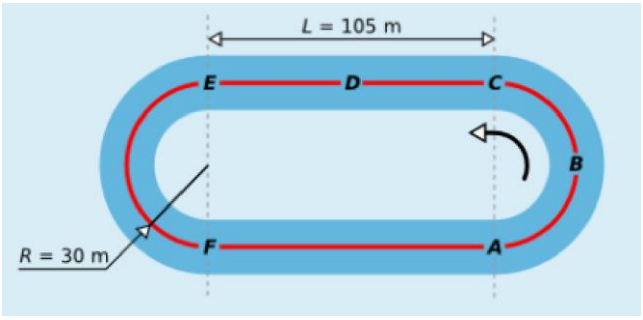
Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par Arhimēda spēku un peldēšanas nosacījumiem. Skolēnam jāprot nolasīt dati no grafika, analizēt – kā ledus gabala masas vai blīvuma atšķirības ietekmē Arhimēda spēka vērtības; kā šķidruma blīvuma atšķirības ietekmē hidrostatiskā spiediena vērtības; kā mainās ūdens līmenis baseinā, ja pingvīns nirst vai atrodas uz ledus gabala un kā mainās ūdens līmenis

baseinā, izkūstot ledum. Skolēnam jāprot aprakstīt situācijas, izmantojot atbilstošas sakarības, kombinēt un analizēt izveidotās likumsakarības, kā arī veikt aprēķinus.

10. klase

N2017-10-1. ĀTRSLIDOŠANA

1.



275. att.

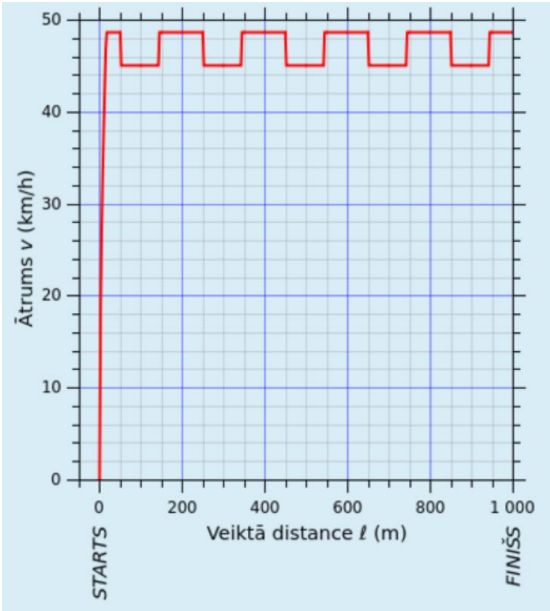
A Uzvedinoši jautājumi

– Kurā posmā – taisnajā posmā vai pusriņķī – ātrslidotājs palielina/samazina ātrumu?

– Kuros stadiona punktos notiek pāreja no zema uz augstu ātrumu? Kuriem grafika punktiem tas atbilst?

– Kuros stadiona punktos notiek pāreja no augsta uz zemu ātrumu? Kuriem grafika punktiem tas atbilst?

– Cik tālu no kustības sākuma notika pirmā ātruma pāreja no augsta uz zemu ātrumu?



276. att.

Taisnajos posmos ātrslidotāja ātrums ir mazliet lielāks nekā pusriņķu posmos, ko var redzēt 276. attēla grafikā. Pārejas no zema uz augstu ātrumu (pie ℓ = 150 m, 350 m, 550 m utt.) atbilst pusriņķu posmu beigām (punkti C un F (275. att.)), bet pārejas no augsta uz zemu ātrumu (pie ℓ = 250 m, 450 m, 650 m utt.) — taisno posmu beigām (punkti A un E). Līkuma beigās ātrslidotājs palielina ātrumu, bet pirms ieslidošanas līkumā – nedaudz samazina.

Pirmā ātruma lēcienveida izmaiņa bija no augsta uz zemu ātrumu (atbilst punktam A vai E) un notika pie ℓ = 50 m, kas nozīmē, ka punkts A vai E atrodas 50 metros no starta. Tas ir, starta punkts atrodas (apmēram) taisnā posma viduspunktā – atbilde **D**.

B Veiktās distances garums l_{fin} = 1000 m (to var nolasīt no dotā grafika). Viena apļa garums ir $2L + 2\pi R$ (skat. 276. att.), tātad $N = \frac{l_{fin}}{2(\pi R + L)} = \frac{1000}{60\pi + 210} = 2{,}5$

2. **Uzvedinoši jautājumi**

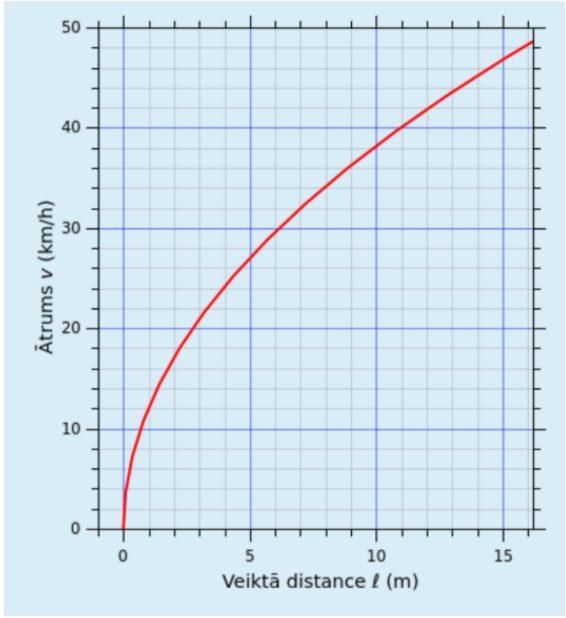
– Kāda ir ātrslidotāja kustība ieskrējiena laikā? Kas par to liecina?

– Kādi fizikālie lielumi ir attēloti grafikā? Kāda likumsakarība saista grafikā attēlotos fizikālos lielumus vienmērīgi paātrinātā kustībā?

– Cik liels ir ātrslidotāja ieskrējiena sākuma ātrums? Cik liels ir paātrinājums ieskrējiena laikā?

– Cik liels ir ieskrējiena laikā sasniegtais maksimālais ātrums?

– Kāda likumsakarība apraksta ātruma izmaiņu vienmērīgi paātrinātā kustībā?



277. att.

Pēc prasītās kustības vienādojuma formas var izsecināt, ka kustība ir vienmērīgi paātrināta. Tas nozīmē, ka $v^2 - v_0^2 = 2al$ jeb $v(l) = \sqrt{2al + v_0^2}$. Divus nezināmus parametrus a un v_0 var atrast apskatot jebkurus divus grafika punktus (277. att.): $v(0\,m) = v_0 = 0$ un $v(10\,m) = \sqrt{2a \times 10 + 0} = 38\frac{km}{h} = 10{,}56$ m/s,

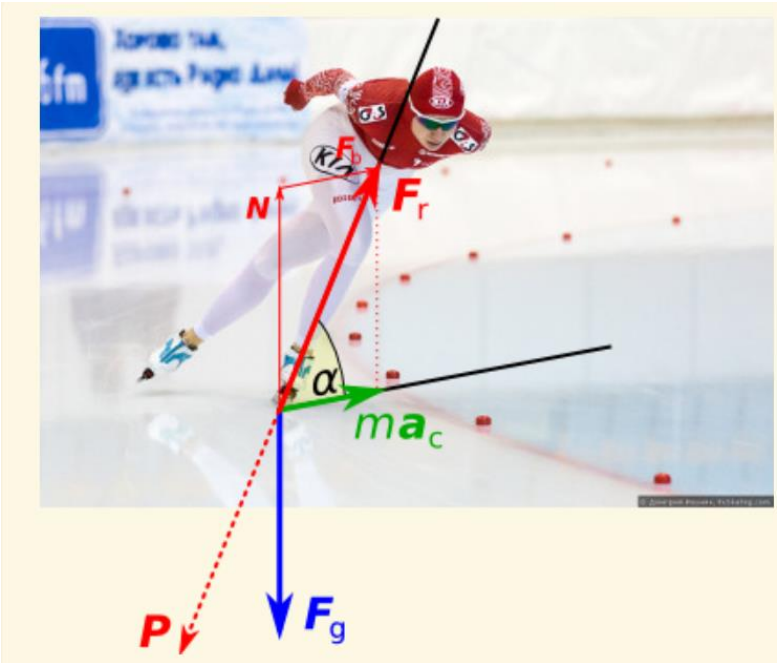
no kurienes $a = \frac{10{,}56^2}{20} = 5{,}58$ m/s^2

Kustības vienādojums ir $l(t) = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$, līdz ar to prasītie koeficienti ir $\mathbf{v_0 = 0}$ un $\mathbf{\frac{1}{2}a = 2{,}8}$ (SI vienībās).

Ieskrējienā sasniegtais maksimālais ātrums (no grafika) ir $v_{max} = 48{,}6\frac{km}{h} = 13{,}5$ m/s. Ātruma vienādojums vienmērīgi paātrinātajā kustībā ir $v(t) = v_0 + at$, no kurienes

$$t_{ieskr} = \frac{v_{max} - v_0}{a} = \frac{13{,}5 - 0}{5{,}58} = \mathbf{2{,}4\ s}$$

3.



278. att.

Smaguma spēks $F_g = mg$ = **700 N** ir vērsts vertikāli uz leju. Ledus reakcijas spēks $\vec{F}_r$ sastāv no divām komponentēm: normālās reakcijas spēka, kas kompensē smaguma spēku (ātrslidotājs nekrīt caur ledu) un miera berzes spēka, kas ir vērsts uz loka centru un neļauj slidām izslīdēt sāniski (278. att.).

Uzrakstot Ņūtona otro likumu, iegūst $\vec{F}_r + \vec{F}_g = m\vec{a}_c$ jeb $ma_c = F_g ctg\alpha$

Ņemot vērā, ka $a_c = \frac{v^2}{R}$, ātrums pagriezienā izsakās kā

$v = \sqrt{a_c R} = \sqrt{gRctg\alpha} = \sqrt{10 \times 30 \times 0{,}2679} =$ **8,97 m/s**

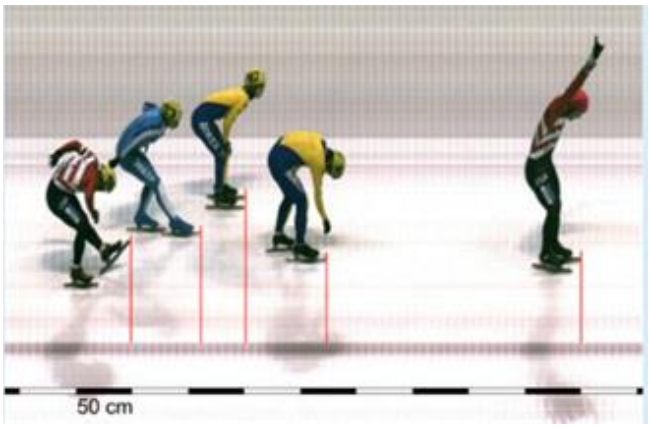
Svars $\vec{P}$ ir spēks, ar kuru ķermenis darbojas uz atbalstu vai piekari. Tas, pēc Ņūtona trešā likuma, ir skaitliski vienāds ar spēku, ar kuru atbalsts vai piekare darbojas uz ķermeni jeb ar reakcijas spēku $\vec{F}_r$ un vērsts pretējā virzienā (sk. 278. att.). Tātad, $P = F_r = \frac{mg}{sin\alpha} = \frac{70 \cdot 10}{0{,}9659} =$ **725 N**.

Miera berzes spēks $F_b = mgctg\alpha = 700 \cdot 0{,}2679 =$ **188 N**

Centrtieces paātrinājums $a_c = gctg\alpha = 10 \cdot 0{,}2679 =$ **2,68 m/s²**

4.

No mēroga strīpām (279. att.) var nolasīt attālumu, par kuru atpalika otrais sportists ℓ = 2,25 m.



279. att.

Ātrums v = 44 km/h = 12,22 m/s. Zaudētais laiks ir $t = \frac{\ell}{v} = \frac{2{,}25}{12{,}22} =$ **0,184 s**

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos – vienmērīgi paātrināta kustība un tās raksturlielumi (1. un 2. jautājums), spēki un kustība (3. jautājums) un vienmērīga kustība (4. jautājums):

- vienmērīgi paātrinātas kustības vienādojumi (2. jautājums), ātrums, trajektorija un ceļš (1., 2.);
- Ņūtona likumi (3.), spēki – smaguma spēks, virsmas reakcijas spēks, svars, berzes spēks (3.), centrtieces paātrinājums (3);
- vienmērīgas kustības raksturlielumi (4.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (4.);
- veikt analītiskus spriedumus par procesu (1A);
- aprakstīt procesus, izmantojot likumsakarības (2., 3.);
- nolasīt datus/informāciju no grafikiem un attēliem, arī izmantojot mērogu (1., 2., 4.);
- analizēt kustības grafikus (1A);
- veikt fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (1B, 2.);
- veikt aprēķinus (1B, 2., 3., 4.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1B, 3. un 4. jautājums;
- salīdzināt, skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – 1A un 2. jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par vienmērīgu un vienmērīgi paātrinātu kustību, par spēkiem, kas darbojas uz kustībā esošo ātrslidotāju. Skolēnam jāprot nolasīt datus no kustības grafikiem, analizēt grafikus, iegūt informāciju no dotajiem attēliem, ņemot vērā mērogu, kā arī izveidot sakarību, lai aprēķinātu, cik apļus sportists veic līdz finišam. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, izmantot situācijai atbilstošas sakarības un veikt aprēķinus.

N2017-10-2. DZENIS

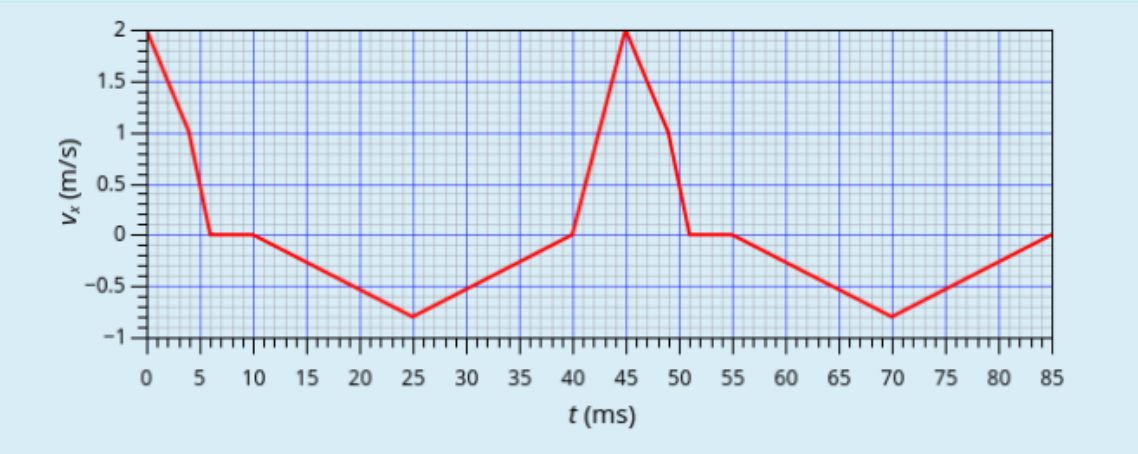
1.

A Izmantojot 2. Ņūtona likumu, izsaka paātrinājumu $|a| = \frac{|F_b - F|}{m} = \frac{|19-1|}{0{,}008} = \mathbf{2250}\ \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s^2}}$

B Tā kā kustība ir vienmērīgi paātrināta, un beigu ātrums ir 0 m/s, varam rakstīt $0^2 - v^2 = 2ad$, no kurienes $d = \frac{v^2}{2|a|} = \frac{5^2}{2 \cdot 2250} = \frac{25}{4500} = 0{,}00556$ m = **5,56 mm**

C Apstāšanās laiku aprēķina kā $t = \frac{v}{|a|} = \frac{5}{2250} = 0{,}0022$ s = **2,2 ms**

2.



280. att.

Uzvedinoši jautājumi:

Izpēti grafiku un izanalizē:

– Kādi fizikālie lielumi ir atlikti uz asīm?

– Kurā brīdī dzeņa knābis sasniedz koku un kurā brīdī cauruma maksimālo dziļumu?

– Cik ilgs laiks paiet starp diviem secīgiem sitieniem?

– Kurā laika intervālā dzenis velk ārā knābi no koka?

– Kas notiek katrā no laika intervāliem: 0 – 6 ms; 6 – 10 ms; 10 – 40 ms; 40 – 45 ms; 45 – 51 ms?

A No grafika (280. att.) nosaka laika intervālu starp diviem secīgiem sitieniem Δt = 45 ms Sitienu skaits vienā sekundē ir $\frac{1}{45\text{ ms}} = \frac{1}{0{,}045} = \mathbf{22{,}2}$

B Dzeņa knābis triecas kokā laika posmos 0–6 ms un 45–51 ms. Maksimālais paātrinājuma modulis $|a| = \frac{1\text{ m/s}}{2\text{ ms}} = 500\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ir laika posmos 4–6 ms un 49–51 ms, kas atbilst spēkam $F_x = ma = -4$ N. Tā kā $F_x = F_{dz,x} - F_b$, iegūst $F_b = F_{dz,x} - F_x = \mathbf{5\ N}$.

C Jānosaka pārvietojums laika intervālā 0–6 ms. To var sadalīt divās daļās: 0–4 ms un 4–6 ms; katrā no tām kustība ir vienmērīgi paātrināta, un pārvietojumu aprēķina, reizinot vidējo ātrumu ar laiku (nosakot trapeces laukumu, katram intervālam atsevišķi):

$$d_1 = \frac{2+1}{2}\frac{\text{m}}{\text{s}} \times 4\text{ ms} + \frac{1+0}{2}\frac{\text{m}}{\text{s}} \times 2\text{ ms} = \mathbf{7\ mm}$$

D No pārvietojuma laika intervālā 10–40 ms (dzenis velk knābi ārā no koka) jāatņem iepriekšējā punktā aprēķinātais dzeņa knābja iekļūšanas dziļums d_1 kokā. Rīkojoties līdzīgi kā iepriekš, iegūstam

$$d_2 = \frac{0+0{,}8}{2}\frac{\text{m}}{\text{s}} \times 15\text{ ms} + \frac{0{,}8+0}{2}\frac{\text{m}}{\text{s}} \times 15\text{ ms} - d_1 = 12\text{ mm} - 7\text{ mm} = \mathbf{5\ mm}$$

E Veicot vienu pilnu sitienu, galva nonāk sākumstāvoklī, tāpēc pārvietojums ir **0**.

F Galvas veiktais ceļš viena pilna sitiena laikā

$$s = 2(d_1 + d_2) = \mathbf{24\ mm}$$

3.

A No kustības vienādojuma $0^2 - \text{v}^2 = 2ad$ izsaka $|a| = \mathbf{2778}\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Smadzeņu pārvietojums: d = 2,0 + 2,5 mm

B $\left|\frac{a_g}{a_{sm}}\right| = \frac{\frac{\text{v}^2}{2d_g}}{\frac{\text{v}^2}{2d_{sm}}} = \frac{d_{sm}}{d_g} = \mathbf{2{,}25}$

4.

A **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kādā virzienā ir vērsts berzes spēks?

– Kādā virzienā ir vērsts elastības spēks?

Berzes spēks darbojas pretēji x ass virzienam.

Ja atspere ir saspiesta, t. i.,

$x_1 - x_2 < x_0$ jeb $x_0 - x_1 + x_2 > 0$, elastības spēks darbojas x ass virzienā.

$$\boldsymbol{m_1 a_{1x} = -F_b + k(x_0 - x_1 + x_2)}$$

B **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kādā virzienā ir vērsts spēks *F*, kas darbojas uz dzeņa galvu?

– Kādā virzienā ir vērsts elastības spēks?

Spēks *F* darbojas x ass virzienā.

Ja atspere ir saspiesta, t. i.,
$x_1 - x_2 < x_0$ jeb $x_0 - x_1 + x_2 > 0$ elastības spēks darbojas pretēji x ass virzienam.

$$\boldsymbol{m_2 a_{2x} = F - k(x_0 - x_1 + x_2)}$$

5.

A Relatīvais pagarinājums ir $\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell} = \mathbf{0{,}0125}$

Elastības spēks ir $F = 2ES\frac{\Delta \ell}{\ell} = \mathbf{6{,}28\ N}$

B Huka likums atsperei $F = k\Delta\ell$, savukārt iepriekšējā punktā aprēķinātais elastības spēks $F = 2ES\frac{\Delta \ell}{\ell}$. Pielīdzinot abas izteiksmes, atrod $k = 2\frac{ES}{\ell} = \mathbf{12560\ \frac{N}{m}}$

6.

A Smadzenēs izdalītais siltuma daudzums 30 sitienu laikā ir $Q_{30} = Nm\frac{Q}{m} = \mathbf{0{,}488\ J}$

B Smadzeņu temperatūras pieaugumu 30 sitienu laikā aprēķina no vienādo*juma* $Q_{30} = c_p m\Delta t$*:*

$$\Delta t = \frac{Q_{30}}{c_p m} = \mathbf{0{,}172\ ℃}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos – vienmērīgi paātrināta kustība un tās raksturlielumi (1., 2 un 3. jautājums), spēki un kustība (1A, 2B un 4. jautājums), elastības spēks un deformācijas (5. jautājums) un siltuma procesi (6. jautājums):

- pārvietojums (1B, 2C, 2D, 2E, 3A), ceļš (2F), vidējais ātrums (2C, 2D), paātrinājums (3.), frekvence (2A);
- Ņūtona likumi (1A, 2B, 4.), spēki – berzes spēks (2B, 4A), elastības spēks (4., 5.), Junga modulis (5.), relatīvais pagarinājums (5A), Huka likums (5B);
- siltuma daudzums (4.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (1., 2A, 2B, 2C, 2D, 5., 6.);
- aprakstīt procesus, izmantojot likumsakarības (1., 2., 3., 5., 6.);
- analizēt kustības grafiku (2.);
- nolasīt datus/informāciju no grafikiem (2.);
- veikt analītiskus spriedumus par procesu (4.);
- veikt fizikālo procesu matemātisko pierakstu un kombinēt izveidotās likumsakarības (4.);
- veikt aprēķinus (1., 2A, 2B, 2C, 2D, 2F, 3., 5., 6.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definēt, identificēt un veikt vienkāršu darbību – jautājumi 1A, 1C, 2E un 2F;
- definēt, identificēt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – jautājumi 1B, 2A, 2B, 2C, 2D, 3., 5. un 6.;
- skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – 2. jautājuma grafika analīze un 4. jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par vienmērīgi paātrinātu kustību, par spēkiem, kas darbojas uz kustībā esošo dzeņa galvu un knābi, par deformācijām un siltuma procesiem. Skolēnam jāprot analizēt grafiku, sasaistot to ar dzeņa galvas un knābja kustības posmiem, kaļot kokā caurumu. Ja skolēns var korekti izanalizēt grafiku, tad pārējie jautājumi, kas seko pēc grafika vairs grūtības nesagādā. Skolēnam jāprot nolasīt datus no kustības grafika, kā arī izveidot sakarības, lai aprēķinātu, cik sitienus dzenis veic sekundes laikā un dzeņa smadzenēs izdalīto siltuma daudzumu 30 sekunžu laikā. Skolēnam jāprot sastādīt vienādojums (II Ņūtona likums), kas apraksta spēku darbību dzeņa knābja un galvas kustībai. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, izmantot situācijai atbilstošas sakarības un veikt aprēķinus.

N2017-10-3. TILTIŅŠ

1. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik garš 'zilā' dēļa gabals atradīsies virs upes, lai izveidotos tiltiņš, ņemot vērā nosacījumus, kā novietots 'sarkanais dēlis' un upes platumu?

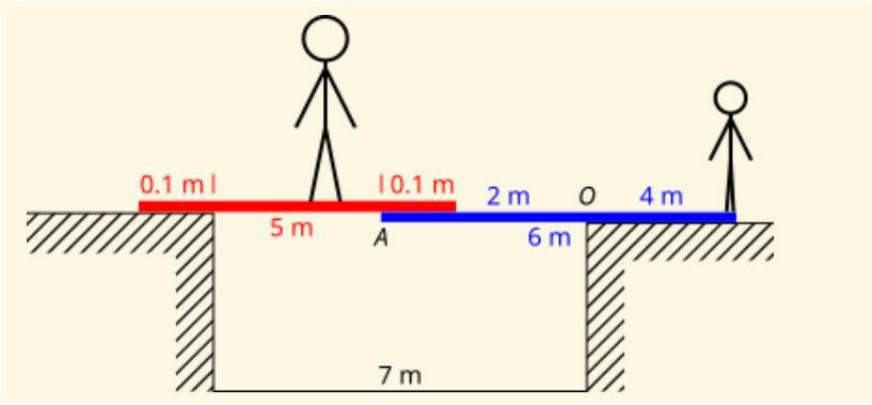
– Kurā punktā ir 'zilā' dēļa rotācijas ass, ja to aplūko kā sviru?

– Pie kādiem nosacījumiem svira būs līdzsvarā?

A un **B**

"Zilais" dēlis ir svira ar rotācijas asi punktā, kurā sākas labais krasts (punkts O). Lai svira būtu stabila, spēkam, kurš rotē sviru pulksteņa rādītāja virzienā (bērna svars), jākompensē spēkus, kuri iedarbojas uz "zilo" dēli no "sarkanā" dēļa puses, un rotē sviru pretēji pulksteņa rādītāja kustības virzienam (šajā gadījumā, jo mēs neievērojam sviras masu, tas ir otrā cilvēka svars).

Gājēja svars tiks sadalīts starp diviem balstiem: "sarkana" dēļa saskares vietu ar kreiso upes krastu un abu dēļu saskares vietu. Apzīmēsim ar A "zilā" dēļa galu. Jo tuvāk gājējs būs punktam A, jo lielāks būs svars, kurš darbojas uz šo "zilā" dēļa galapunktu. Tāpēc mums būtu izdevīgi, lai punkts A būtu pēc iespējas tuvāk labajam krastam, jo tādā gadījumā ar sviru jākompensē mazāku spēku.



281. att.

No otras puses, jo lielāks būs attālums no punkta O līdz bērnam (garāks spēka plecs no bērna līdz rotācijas asij), jo vieglāks bērns var kompensēt gājēja masu. Tāpēc optimālā konfigurācija ir tāda, kāda tā parādīta 281. attēlā: "sarkanais dēlis" 2 x 0,1 m balstās abos galos, paliek 5 m virs upes un tā kā upes platums ir 7 m, tad no "zilā" dēļa atlikušo garumu nosedz 2 m.

Tātad bērnam ir jāstāv $L = 4$ m attālumā no krasta, un virs upes atradīsies $l = 2$ m "zilā" dēļa gals.

C Lai tiltiņš būtu līdzsvarā:

$lm_2g = Lm_1g$, kur l = OA (A ir abu dēļu pārklāšanās viduspunkts), L – attālums no punkta O līdz bērnam.

$$m_2 = \frac{Lm_1}{l} = \frac{4 \cdot 45}{1{,}95} = \mathbf{92\ kg}$$

2.

A $P = mg = 80 \cdot 9{,}8 =$ **784 N**

B $m_{sarkans} = \rho V_{sarkans} = \rho hLd$, kur h ir biezums, L ir garums (3,7 m = 370 cm) un d ir platums

$m_{sark} = 0{,}5\ g/cm^3 \cdot 30\ cm \cdot 370\ cm \cdot 6\ cm = 33\,300\ g =$ **33,3 kg**

C $m_{zils} = \rho V_{zils} = \rho hLd$, kur h ir biezums, L ir garums (5,6 m = 560 cm) un d ir platums.

$m_{zils} = 0{,}5\ g/cm^3 \cdot 6\ cm \cdot 560\ cm \cdot 30\ cm = 50\,400\ g =$ **50,4 kg**

D "Sarkanais" dēlis vienlaicīgi balstās uz upes kreiso krastu un uz otru dēli. Tāpēc svars, kas darbojas uz "zilo" dēli, ir vienāds ar pusi no pilna svara.

$F_{zils} = mg/2 = 33{,}3\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 0{,}5 =$ **163,17 N**

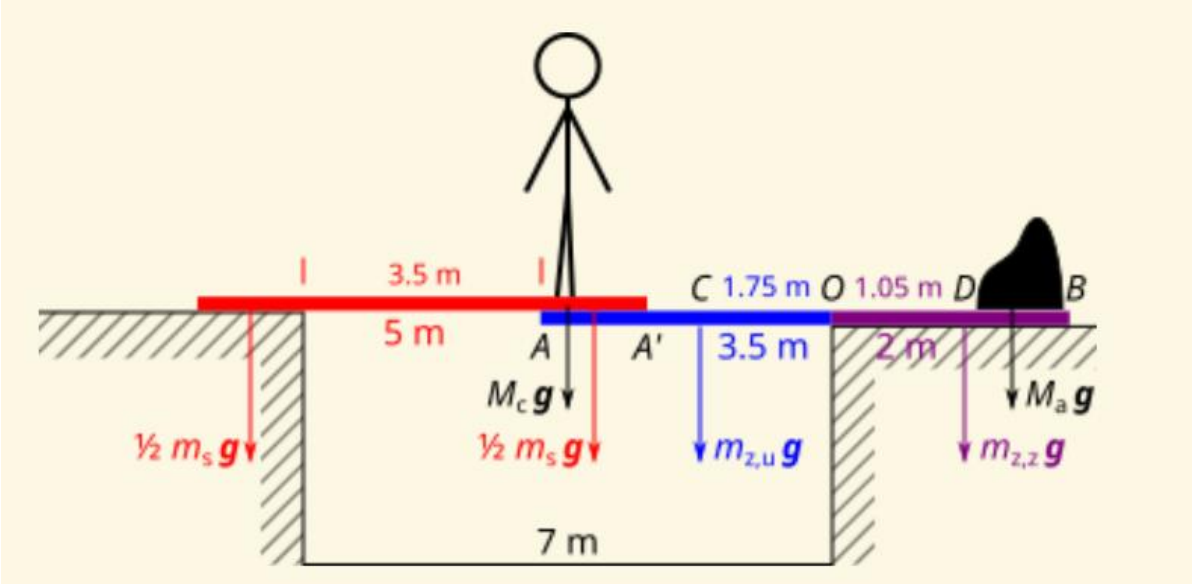
E Uzvedinoši jautājumi:

– Kurā punktā ir 'zilā' dēļa rotācijas ass, ja to aplūko kā sviru?

– Kur uz 'sarkanā' dēļa ir jānostājas cilvēkam, lai 'sarkanais' dēlis iedarbotos ar maksimālo iespējamo spēku uz 'zilo' dēli?

– Pie kādiem nosacījumiem svira ('zilais' dēlis) būs līdzsvarā?

Zilais" dēlis ir svira ar rotācijas asi punktā, kurā sākas labais krasts (punkts O). Lai svira būtu stabila, spēkam, kurš rotē sviru pretēji pulksteņa rādītāja kustības virzienam, jākompensē spēki, kuri iedarbojas uz "zilo" dēli no "sarkanā" dēļa puses. Apzīmēsim ar punktu A "zilā" dēļa vienu galu (skat. 282. attēlu). Vislielākais spēks no "sarkanā" dēļa puses uz "zilo" dēli būs tajā momentā, kad cilvēks stāvēs virsū zila dēļa galam (punktam A), tas būs vienāds ar summu no cilvēka radītā svara un puses "sarkanā" dēļa svara (skat. attēlu).



282. att.

Pretēji pulksteņa rādītāja virzienam dēli griež arī pašsvars (var uzskatīt, ka tas ir pielikts punktā C, kurš ir puse no dēļa daļas virs upes).

Savukārt pretējā virzienā sviru griež akmens svars (pielikts 10 cm attālumā no "zilā" dēļa galā, jeb punktā B) un dēļa pašsvars (pielikts dēļa daļas, kas guļ uz zemes, viduspunktā, jeb punktā D). No šejienes mēs varam uzrakstīt tiltiņa stabilitātes jeb līdzsvara vienādojumu.

$$A"O * \frac{m_{sark}g}{2} + A"O * M_{cilv}g + CO * m_{zil_{upe}}g = OD * m_{zil_{zeme}}g + BO * M_{akm}g$$

$$A"O * \frac{m_{sark}}{2} + A"O * M_{cilv} + CO * m_{zil_{upe}} = OD * m_{zil_{zeme}} + BO * M_{akm}$$

$$M_{akm} = \frac{A"O * \frac{m_{sark}}{2} + A"O * M_{cilv} + CO * m_{zil_{upe}} - OD * m_{zil_{zeme}}}{BO}$$

AO = 3,5 m, A`O = (3,5 – 0,05) = 3,45 m, CO = 1,75 m, OD = 1,05 m, OB = 2 m, AB = 5,6 m

$m_{zil_{upe}} = m_{zil} * \frac{OA}{AB} = m_{zil} * \frac{3,5}{5,6} = \frac{5}{8} m_{zil}$

$m_{zil_{zeme}} = m_{zil} * \frac{OB}{AB} = \frac{3}{8} m_{zil}$

$$M_{akm} = \frac{3,45 * \frac{33,3}{2} + 3,45 * 80 + 1,75 * \frac{5}{8} * 50,4 \ - 1,05 * \frac{3}{8} * 50,4}{2} = \mathbf{184\ kg}$$

3.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kurā punktā ir dēļa rotācijas ass, ja to aplūko kā sviru?

– Kāds ir dēļa stabilitātes nosacījums?

– Cik liels svars no dēļa būtu jānes Bobam, ja Alise var nest tikai 15 kg?

Dēļa masas centru var uzskatīt par sviras rotācijas asi. Dēļa stabilitātes nosacījums ir:

$L_A F_A = L_B F_B$, kur F_A un F_B ir spēki, kas atbilst dēļa pilna svara sadalījumam, un kuri attiecīgi darbojas uz Alisi un Bobu, un L_A un L_B ir attiecīgi attālumi no dēļa viduspunkta līdz Alisei un Bobam.

$F_{A_max} = mg$, kur m = 15 kg masa, kuru var pacelt Alise, savukārt, pilna dēļa masa ir vienāda ar $M_{pilnā}$ = 40 kg, tas nozīme, kā Bobam jāpaņem svars, kas atbilst masai M = 25 kg.

$L_A mg = L_B Mg$

Ja Alise paņem dēli aiz gala, tad attālums no Alises līdz dēļa masas centram ir dēlim pa vidu jeb L_A = L/2 = 2,5 m.

Tādā gadījumā Bobs paņems dēli attālumā

$L_B = L_A \frac{m}{M} = \frac{L}{2} \frac{m}{M_p - m} = \frac{5}{2} \times \frac{15}{40-15} = \mathbf{1,5\ m}$

no viduspunkta.

B $F_A = mg = 15 \cdot 9,8 =$ **147 N**

C $F_B = Mg = 25 \cdot 9,8 =$ **245 N**

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par ķermeņu līdzsvaru (1., 2E un 3A jautājumi) un spēku darbību (2A, 2B, 2C, 2D, 3B un 3C jautājumi):

- līdzsvara nosacījumi (1., 2D, 2E, 3A), spēka moments (1., 2E, 3A), svars (2A, 2D, 3.), blīvums un tilpums (2B, 2C).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (2B, 2C);
- veikt analītiskus spriedumus par procesu, modelējot situāciju (1A, 1B, 2E, 3A);
- aprakstīt procesus, izmantojot likumsakarības (1C, 2A, 2B, 2C, 2D);
- veikt fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (2E);
- veikt aprēķinus (1, 2., 3.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veikt vienkāršas darbības – jautājumi 2A, 3B un 3C;
- veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – jautājumi 1C, 2B, 2C. un 2D;
- skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, savstarpēji sasaistīt – jautājumi 1A, 1B, 2E un 3A.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par ķermeņu līdzsvara nosacījumiem konkrētās situācijās. Skolēnam jāprot iegūt informāciju no dotajiem attēliem un tekstā aprakstītās situācijas, lai izveidotu sakarības, kas apraksta ķermeņu līdzsvara nosacījumus. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, izmantot situācijai atbilstošas sakarības un veikt aprēķinus.

11. klase

N2017-11-1. POPKORNS

1. Iztvaikojušā ūdens masa izkarsēšanas laikā

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 103{,}6 - 105{,}6 = -2{,}0 \text{ g}$$

Vienā graudā esošā ūdens masa tātad ir

$$m_g = \frac{|\Delta m|}{N} = \frac{2{,}0}{200} = \mathbf{0{,}01\ g}$$

Tātad ūdens saturs kukurūzas graudos ir

$$\varpi = \frac{|\Delta m|}{m_0} = \frac{2{,}0}{21{,}0} = 0{,}095 = \mathbf{9{,}5\%}$$

2. 200 graudu tilpums

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 65 - 50 = 15 \text{ ml}$$

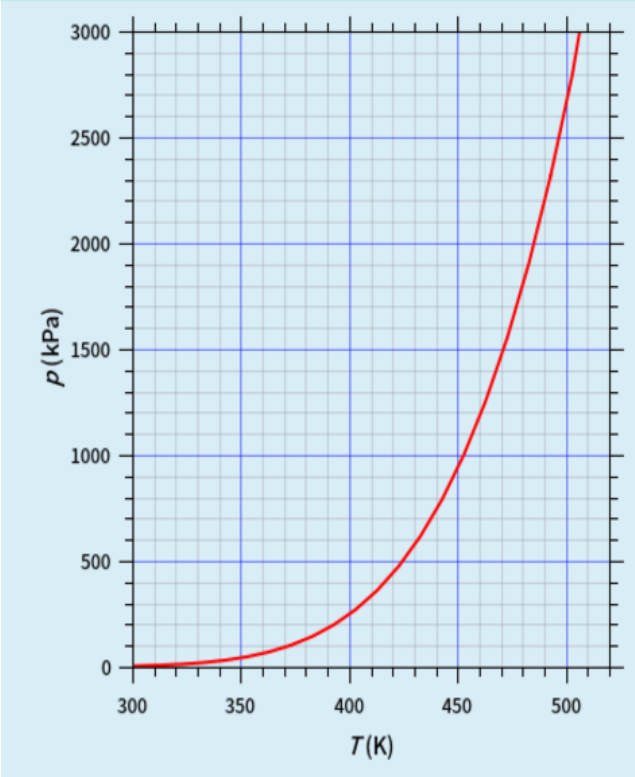
Viena grauda tilpums

$$V_g = \frac{\Delta V}{N} = \frac{15}{200} = \mathbf{0{,}075\ ml}$$

3. 10 atm spiediens atbilst aptuveni 1013 kPa. No grafika (283. att.) nolasām, ka atbilstošā temperatūra ir aptuveni T_c = 453 K. Pārveidojot Celsija grādos, iegūstam T_c = **180 °C**.

4. Karsējot šķidrumu parastajā (t. i., ne augstspiediena) katlā, tā temperatūra nevar pārsniegt vārīšanās temperatūru. Tādēļ, lai sakarsētu popkornu līdz kritiskajai temperatūrai T_c, ir jāizvēlas tāds šķidrums, kura vārīšanās temperatūra pārsniedz T_c. No piedāvātajiem variantiem piemēroti ir **eļļa** un **glicerīns**.

Piezīme: augstspiediena katlos šķidrumu vārīšanās temperatūra var būt krienti augstāka, un tādēļ šajā gadījumā būtu iespējams pagatavot popkornu arī, piemēram, ūdenī. Šāda popkorna pagatavošanas metode ir populāra Āzijā.



283. att.

5. Atbilstoši uzdevuma nosacījumiem, popkorns sprāgst, kad spiediens tajā ir 10 atm un temperatūra 175 °C. Izmantojot Mendeļejeva–Klapeirona vienādojumu $pV = \frac{m}{M}RT$, kur

$p = 10\ \text{atm} = 10 \cdot 1{,}01 \cdot 10^5 = 1{,}01 \cdot 10^6\ \text{Pa}$

V = 0,075 mℓ = $0{,}075 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^3$

T = 175 °C = 448 K

M = 18 $\cdot 10^{-3}$ kg/mol

izsakām

$$m = \frac{pVM}{RT} = \frac{1{,}01 \cdot 10^6 \cdot 0{,}075 \cdot 10^{-6} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8{,}31 \cdot 448} = 3{,}66 \cdot 10^{-7}\ \text{kg} = 3{,}66 \cdot 10^{-4}\ \text{g}$$

Redzam, ka šī masa ir niecīga, salīdzinot ar 1. punktā novērtēto kopējo ūdens masu. Tādēļ lielākā ūdens daļa kukurūzas graudā joprojām atrodas **šķidrā stāvoklī**.

Tas, ka šajā gadījumā ūdens paliek šķidrā stāvoklī arī pie temperatūras, kas ievērojami pārsniedz ūdens vārīšanās temperatūru normālos apstākļos, ir iespējams tādēļ, ka spiediens grauda iekšpusē ievērojami pārsniedz atmosfēras spiedienu. Līdz ar to katrs kukurūzas grauds darbojas kā mazs augstspiediena katls.

6. **Uzvedinošs jautājums:**

– Kā mainās spiediens grauda iekšpusē brīdī, kad apvalks plīst?

Grauda apvalkam plīstot, spiediens graudā kļūst vienāds ar atmosfēras spiedienu. Līdz ar to pārkarsētais ūdens strauji iztvaiko, un tvaiks, savukārt, strauji izplešas. Izplešoties tvaiks atdziest, bet vēl būtiskāk grauda temperatūru pazemina fakts, ka ūdens iztvaikošanai tiek patērēts fāzu pārejas (iztvaikošanas) siltums.

Pareizās atbildes ir: **atlikušais ūdens strauji iztvaiko, tvaiks strauji izplešas, grauda temperatūra strauji samazinās.**

7. **Uzvedinošs jautājums:**

– Cik liela ir piesātināta ūdens tvaika temperatūra, ja tā spiediens ir viena atmosfēra?

Ievērosim, ka grauda plīšanas brīdī graudā jau esošā tvaika daudzums ir niecīgs, salīdzinot ar kopējo ūdens daudzumu. Tātad nozīmīgākā tilpuma izmaiņa būs saistīta ar plīšanas brīdī iztvaikojošā ūdens tilpuma izmaiņu.

Ja piesātinātā tvaika spiediens ir vienāds ar atmosfēras spiedienu, tad tā temperatūra ir vienāda ar 100 °C.

Ja neievērojam niecīgo šķidrā stāvoklī palikušo ūdens daļu, tad varam uzskatīt, ka visi 0,01 g ūdens ir pārvērtušies tvaikā ar spiedienu $p_0 = 1$ atm un temperatūru $T = 100$ °C. No Mendeļejeva–Klapeirona vienādojuma iegūstam tvaika aizņemto tilpumu:

$$V_b = \frac{mRT}{pM} = \frac{1 \cdot 10^{-5} \cdot 8{,}31 \cdot 373}{1{,}01 \cdot 10^5 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} = 0{,}0170 \text{ dm}^3 = \mathbf{17\ ml}$$

Šis tilpums ir būtiski lielāks nekā sākotnējais kukurūzas grauda tilpums, proti,

$$\frac{V_b}{V_g} = \frac{17{,}0}{0{,}075} = \mathbf{227}$$

Skaidrs, ka reālā tilpumu attiecība starp popkorna pārslu un kukurūzas graudu ir mazāka (tā vienāda aptuveni ar 30). Šī atšķirība skaidrojama ar to, ka šeit neņēmām vērā šķidrā stāvoklī palikušo ūdeni, kā arī to, ka daļa tvaika, protams, izlaužas no cietes putām pirms tās sacietē.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Vielu siltumīpašības – šķidrums un tvaiks (jautājumi 3., 4., 6.), piesātināts tvaiks, parciālspiediens (jautājums 3.);
- Gāzu likumi – ideālās gāzes stāvokļa vienādojums (jautājumi 5A, 7.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 3., 5A, 7.);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājums 6., 7.);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 5A, 7.);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 1., 2.);
- nolasa datus no grafika (jautājums 3.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificē, veic vienkāršu darbību – jautājumi 2., 4., 5B;
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1., 3., 5A;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 6., 7.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par šķidruma iztvaikošanu un vārīšanos, piesātināta tvaika spiedienu, ideālās gāzes parametriem un to savstarpējo sakarību. Jāparāda prasme atlasīt atbildei uz jautājumu nepieciešamu informāciju tekstā (īpaši attiecas uz pirmajiem četriem jautājumiem, kuru atrisināšanai nav nepieciešamas kādas specifiskās fizikas zināšanas). Jāprot izmantot ķīmisko elementu periodisko tabulu molmasas noteikšanai. Jāveic aprēķini, lietojot darbības ar pakāpēm, skaitļa pierakstu normālforma, jāveic izteiksmju pārveidojumi, jāpārveido fizikālo lielumu mērvienības.

N2017-11-2. KARTUPEĻU LIELGABALS

1. Kad ventilis tiek atvērts, uz kartupeli darbojas spiediena spēks gan no caurulē esošā gaisa (atmosfēras spiediens), gan no tvertnē esošā gaisa. Šie spēki ir pretēji vērsti, tāpēc to rezultējošais spēks ir:

$$F_1 = F_{tvertnes} - F_{caurules} = Sp - Sp_0 = S(p - p_0) = \frac{\pi d^2}{4}(p - p_0) = \frac{3{,}14\cdot(3\cdot 10^{-2})^2}{4}\cdot 3\cdot 10^5 \approx \mathbf{212\ N}$$

2. **Uzvedinošs jautājums:**

– Kā var noteikt spiedienu, ar kuru uz kartupeli spiež tvertnē un caurulē esošais gaiss (kas procesa sākumā viss bija saspiests tvertnē)?

Kad kartupelis atrodas caurules labajā galā, uz to darbojas atmosfēras spiediena spēks un caurulē un tvertnē esošā gaisa spiediena spēks. Šie spēki ir pretēji vērsti.

Caurulē un tvertnē esošā gaisa spiediens p_1 nosakāms no ideālās gāzes stāvokļa vienādojuma, pieņemot, ka procesa laikā temperatūra nemainās:

$$p_1(V + \frac{\pi d^2}{4}x) = pV \Rightarrow p_1 = \frac{pV}{V+\frac{\pi d^2}{4}x} = \frac{4\cdot 10^5 5\cdot 10^{-3}}{5\cdot 10^{-3} + \frac{3{,}14\cdot(3\cdot 10^{-2})^2}{4}\cdot 2} \approx 3{,}12\cdot 10^5\ \text{Pa}$$

Rezultējošais spēks

$$F_2 = Sp_1 - Sp_0 = S(p_1 - p_0) = \frac{\pi d^2}{4}(p_1 - p_0) = \frac{3{,}14\cdot(3\cdot 10^{-2})^2}{4}\cdot 2{,}12\cdot 10^5 \approx \mathbf{150\ N}$$

3. Gaisa spiediena spēks veic darbu kartupeļa pārvietošanā gar cauruli, piešķirot kartupelim kinētisko enerģiju: $E_k = A \Rightarrow \frac{mv^2}{2} = Fx$

No iegūtās izteiksmes izsakām ātrumu: $v = \sqrt{\frac{2xF}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot 2\cdot 250}{0{,}1}} = 100\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Var spriest arī savādāk, izmantojot kustības likumus:

Spiediena spēks piešķir kartupelim paātrinājumu $a = \frac{F}{m}$, kuru ar veikto ceļu un ātrumu saista sakarība $v^2 = 2ax = \frac{2Fx}{m}$, no kurienes iegūst to pašu beigu ātruma vērtību $v = \mathbf{100\ \frac{m}{s}}$

4. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Ar ko ir vienāda kartupeļa kinētiskā enerģija, pametot cauruli?

– Cik lielu darbu veic gaisa spiediena spēks?

– Cik lielu darbu veic berzes spēks?

Gaisa spiediena spēks veic darbu kartupeļa pārvietošanā gar cauruli, piešķirot kartupelim kinētisko enerģiju un pārvarot berzes spēku:

$$Fx = \frac{mv^2}{2} - F_b x \Rightarrow F_b x = Fx - \frac{mv^2}{2}$$

$$F_b = F - \frac{mv^2}{2x} = 250 - \frac{0{,}1\cdot 3600}{2\cdot 2} = \mathbf{160\ N}$$

5. Ja gaiss varētu plūst ap kartupeli, tā ātrums, pametot cauruli, **būtu mazāks, jo straujāk samazinātos spiediens, kas paātrina kartupeli**.

6. Ja tiek atvērts ventilis, kad caurules gals ir noslēgts, kartupelis **nevar** nonākt līdz caurules pašam galam, jo, ja gaiss ap kartupeli plūst nevar, tad **spiediens caurulē starp kartupeli un noslēgto galu pieaug apgriezti proporcionāli palikušajam attālumam**.

7. Paātrinājumu kartupelim piešķir kopspēks, ko nosaka kā starpību starp spēkiem, ar kādiem gaiss spiež uz kartupeli no kreisās un labās pusēm. Kartupeļa paātrinājums ir vienāds ar nulli pie nosacījuma, ka šie spēki tiek līdzsvaroti. Spiediena spēks $F = p \cdot S$, kur šķērsgriezuma laukums S ir nemainīgs visā caurules garumā. No tā var secināt, ka, lai kartupeļa paātrinājums būtu vienāds ar nulli, **jābūt vienādiem gaisa spiedieniem abās pusēs kartupelim**.

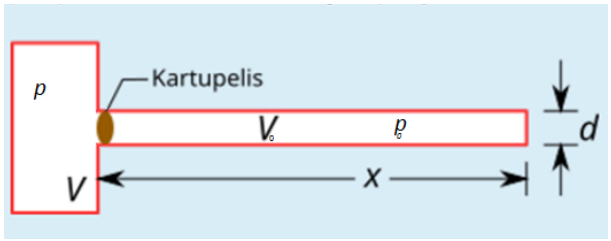
8. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik liels ir gaisa spiediens un tilpums kreisajā un labajā pusē no kartupeļa sākuma stāvoklī?

– Ko var teikt par spiedienu kartupeļa abās pusēs pēc kartupeļa apstāšanās?

– Kāda sakarība pastāv starp gaisa spiedienu un tilpumu kartupeļa abās pusēs sākuma un beigu stāvoklī, ja gaiss ap kartupeli nevar plūst?

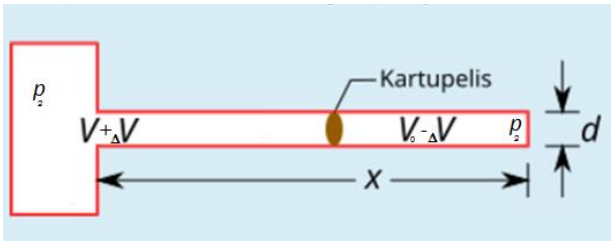
Kartupeļa sākuma stāvoklī (brīdī, kad tiek atvērts ventilis, skat. 284. att.):



284. att.

Spiediens tvertnē (pa kreisi no kartupeļa)
$$p = 4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$
Tvertnes tilpums $V = 5l = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Spiediens caurulē (pa labi no kartupeļa)
$$p_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$
Caurules tilpums
$$V_0 = \frac{\pi d^2 x}{4} = \frac{3{,}14 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 2}{4} = 1{,}413 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Kartupeļa beigu stāvoklī (brīdī, kad kartupelis apstāsies, skat. 285. att.):



285. att.

Spiediens pa kreisi un pa labi no kartupeļa p_2
Tilpums pa kreisi no kartupeļa $V + \Delta V$
Tilpums pa labi no kartupeļa $V_0 - \Delta V$

Tā kā gaiss ap kartupeli plūst nevar, varam uzrakstīt ideālās gāzes stāvokļa vienādojumus gaisam kartupeļa labajā un kreisajā pusē:

$$\begin{cases} pV = p_2(V + \Delta V) \\ p_0 V_0 = p_2(V_0 - \Delta V) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} pV = p_2 V + p_2 \Delta V \\ p_0 V_0 = p_2 V_0 - p_2 \Delta V \end{cases}$$

Saskaitot sistēmas pirmo un otro vienādojumus, iegūstam: $pV + p_0 V_0 = p_2(V + V_0)$, no kurienes

$$p_2 = \frac{pV + p_0 V_0}{V + V_0} = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} + 1 \cdot 10^5 \cdot 1{,}413 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3} + 1{,}413 \cdot 10^{-3}} \approx \mathbf{334 \text{ kPa}}$$

9. **Uzvedinošs jautājums:**

– Kāda sakarība saista gaisa spiedienu un tilpumu kartupeļa kreisajā pusē sākuma stāvoklī un kartupeļa apstāšanās brīdī?

Gaisam kartupeļa kreisajā pusē sākuma un beigu stāvokļiem ir spēkā:

$$pV = p_2(V + S \cdot \Delta x)$$

$$\Delta x = \frac{V(p - p_2)}{p_2 S} = \frac{4V(p - p_2)}{p_2 \pi d^2} = \frac{4 \cdot 5 \cdot 10^{-3}(4 \cdot 10^5 - 3{,}34 \cdot 10^5)}{3{,}34 \cdot 10^5 \cdot 3{,}14 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2} \approx \mathbf{1{,}4\ m}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Ķermeņu kustība – vienmērīgi paātrināta kustība (jautājums 3.);
- Mijiedarbība un spēki: spēks un paātrinājums (jautājums 3.), spiediens uz virsmu, kopspēks (jautājumi 1., 2.);
- Gāzu likumi – ideālas gāzes stāvokļa vienādojums (jautājumi 2., 8.), gāzes spiediens (jautājums 6.);
- Enerģija un impulss – spēka darbs, kinētiskā enerģija (jautājumi 3., 4.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1., 2., 3., 4., 8., 9.);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 5., 6.);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1., 2., 3., 4., 8., 9.);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 1., 2., 8., 9.);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājumi 3., 4.);
- apraksta kustību, izmantojot kustības raksturlielumus (jautājums 3.);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājums 7.);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (grafiki, formulas, shēmas, attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 1., 2.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1., 3., 5., 6., 7.;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 2., 4., 8., 9.

Uzdevumu risināšanas gaitā skolēnam jāparāda izpratne par gāzes likumiem, spiediena un tilpuma savstarpējo sakarību, jāanalizē kustība, izmantojot spēkus. Jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, sastādīt, kombinēt un pārveidot sakarības starp fizikāliem lielumiem, veikt aprēķinus. Jāpielieto matemātikas zināšanas: riņķa laukums, cilindra tilpums, darbības ar pakāpēm.

N2017-11-3. GRAVIMETRIJA

1. **A** $\Delta\ell = \frac{mg}{k} = G\frac{mM}{kR^2} = \mathbf{3{,}0\ m}$

B Brīvās krišanas paātrinājums **samazinās** par

$$\Delta g = G\frac{M}{R^2} - G\frac{M}{(R+H)^2} = \mathbf{6{,}3 \times 10^{-3}\ \frac{m}{s^2}}$$

Var arī izmantot tuvinājumu, tad

$$\Delta g = G\frac{M}{R^2}\left[1 - \frac{1}{(1 + H/R)^2}\right]$$

$$\Delta g \approx G\frac{M}{R^2}\left[1-\left(1-\frac{2H}{R}\right)\right] = 2G\frac{MH}{R^2} = 2g\frac{H}{R} = 6{,}2\times 10^{-3}\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

C $2\times 10^{-4}\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2\cdot 10^{-2}\,\frac{\text{cm}}{\text{s}} = 2\cdot 10^{-2}\text{Gal} =$ **20 mGal**

D Uzvedinošs jautājums:

– Kā spēku līdzsvaru uzrakstīt garuma un brīvās krišanas paātrinājuma izmaiņām?

Pielīdzinot smaguma spēku mg atsperes sastiepuma spēkam $k\ell$ iegūstam spēku līdzsvaru. Nedaudz izmainot g nedaudz izmainīsies arī ℓ, tāpēc varam rakstīt $k\delta\ell = m\delta g$.

Rezultātā: $\delta g = \frac{k\delta\ell}{m} =$ **$3{,}3\times 10^{-6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$**

E Uzvedinoši jautājumi:

– Kā atsperes šķērsgriezuma laukums un sākotnējais garums ietekmē atsperes stinguma koeficientu?

– Vai ņēmi vērā Arhimēda cēlējspēku, kas ir atkarīgs no vides blīvuma?

Pēc iepriekšējā uzdevuma redzam, ka, lai samazinātu δg, ir jāsamazina k un/vai **jāpalielina *m***. Kā zināms, $k = \frac{ES}{l}$, tad varam secināt, ka atspere ir **jāpagarina** vai jāsamazina tās šķērsgriezuma laukums jeb jāņem **tievāka atspere**. Vides blīvums ietekmē Arhimēda spēku. Lai palielinātu summāro spēku (smaguma spēka un Arhimēda spēku vektoriālā summu), ir jāsamazina Arhimēda spēks, jo tas ir pretējs smaguma spēkam. Samazināt Arhimēda spēku var **samazinot vides blīvumu**.

F $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} =$ **0,29 Hz**

2.

A Matemātiskajam svārstam periods ir: $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell_0}{g_T}}$

No šejienes iegūstam, ka: $g_T = \ell_0\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \ell_0\left(\frac{2\pi N}{t}\right)^2 =$ **8,1 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$**

B Samazinās par

$$\Delta T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell_0}{g_M}} - 2\pi\sqrt{\frac{\ell_0}{g_L}} = 9{,}7\times 10^{-5}\text{s}$$

C $\delta g = \ell_0\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 - \ell_0\left(\frac{2\pi}{T+\delta t}\right)^2 = \ell_0\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2\left[1-\left(\frac{1}{1+\frac{\delta t}{T}}\right)^2\right]$. Izmantojot $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell_0}{g}}$ iegūstam:

$$\delta g = g\left[1-\left(\frac{1}{1+\frac{\delta t}{T}}\right)^2\right] = \mathbf{1{,}0\times 10^{-5}\,\frac{m}{s^2}}$$

Izmantojot tuvinājumu iegūst sakarību:

$$\delta g = g\left[1-\left(\frac{1}{1+\frac{\delta t}{T}}\right)^2\right] = 2g\frac{\delta t}{T} = \frac{g}{\pi}\delta t\sqrt{\frac{g}{\ell_0}} = 1{,}0\times 10^{-5}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

3. *Piebilde:*

Uzdevuma formulējums nav pilnīgi precīzs un rada diskusijas. Šis uzdevums ir vairāk par diskusijas raisīšanu, kā iespējams samazināt norādīto faktoru ietekmi.

Uzvedinošs jautājums:

– Apskati visus variantus un padomā, vai tas varētu ietekmēt izmērītā brīvās krišanas paātrinājuma vērtību?

Gaisa pretestība palielina svārstību periodu. Šo ietekmi var samazināt novietojot svārstu vakuumā.

Diegs un jebkurš cits materiāls ir elastīgs, tāpēc diega garums svārstību laikā mainās. Šo ietekmi var samazināt izvēloties kādu cietu ķermeni diega vietā. Bet tad izmainās formulas pēc kurām rēķina brīvās krišanas paātrinājumu, jo cieta ķermeņa svārstības apraksta fizikālais svārsts.

Ja mēs cenšamies izmērīt vienas svārstības periodu, tad ieviešas lielas kļūdas. Kļūdu iespējams samazināt veicot daudzu svārstību mērījumus. Tad kļūda samazināsies. Kā arī kļūdu var samazināt izmantojot augstas precizitātes hronometrus un gaismas vārtus.

Piekārtā ķermeņa masa var mainīties, ja ķermeni veidojošās daļiņas nonāk gaisā, vai no gaisa esošās daļiņas pieķeras ķermenim. Šis efekts dod mazu ietekmi, jo ķermeņa masa mainās maz, kā arī ķermeņa masa neietekmē matemātiskā svārsta periodu.

Masas centrs parasti atrodas ķermeņa iekšienē, tāpēc tā atrašanās vietu ir sarežģīti izmērīt. Neprecizitātes attālumā līdz masas centram tiešā veidā ietekmē izrēķinātā brīvās krišanas paātrinājuma vērtību.

Ja mainās atbalsta punkta atrašanās vieta, tad mainās arī svārsta garums. Šo var samazināt svārstu ar gredzena palīdzību novietojot uz kāda asuma ar skaidri definētu vietu. Tas gan ietekmēs to, ka svārsts vai nebūs klasisks matemātiskais svārsts, kur diegam ir nebūtiski maza masa. Pareizās atbildes – **diega garums mainās kustības laikā; atbalsta punkts nedaudz svārstās; nav iespējams pietiekami precīzi izmērīt attālumu starp piekāršanas punktu un masas centru**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas tēmā – mehānika:

- Gravitācijas likums (jautājumi 1A, 1B);
- Spēku līdzsvars (jautājumi 1A, 1D, 1E);
- Sastiepuma spēks (jautājums 1E);
- Atsperes svārsts (jautājums 1F);
- Matemātiskais svārsts (jautājumi 2. un 3.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t. sk.

- Apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 1. un 2.);
- Novērtē iespējamos kļūdu cēloņus (jautājums 3.);
- Saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājums 1C);
- Veic darbības ar daudzkārtņiem un pakāpēm (jautājumi 1A, 1B, 1C, 2B, 2C);
- Veic aprēķinus (jautājumi 1A, 1B, 1C, 1D, 1F, 2.).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- Veic vienkāršas darbības – jautājumi 1C, 1F;
- Veic darbības pēc algoritma, kombinē atsevišķus elementus – jautājumi 1A, 1B, 1D, 2A, 2B, 2C;
- Analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājums 1E;
- Izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – 3. jautājums.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam nepieciešams zināt pamatformulas svārstībās un gravitācijas likumu. Uzdevums sastāv no liela daudzuma vienkāršu darbību. Uzdevuma sarežģītība slēpjas tajā, ka ierobežotā laikā jāveic liels daudzums šķietami vienkāršu darbību, kurās nedrīkst kļūdīties. Papildus sarežģītību rada tas, ka uzdevuma tekstā doto lielumu ir vairāk nekā nepieciešams, tāpēc skolēnam jāspēj izvēlēties pareizā lielumu kombinācija, kas ir atbilstoša aprakstītai situācijai. Tā kā lielākā daļā uzdevumu ir tikai jāatrod pareizā formula, tad ļoti maz jautājumiem ir pieejami Uzvedinoši jautājumi. Ja nav uzvedinošā jautājuma, tad to var tulkot kā: kura formula šeit ir jāizmanto?

12. klase

N2017-12-1. OPTISKIE INSTRUMENTI

1. Uzvedinoši jautājumi:

– Kurā pusē lēcai atrodas attēls?

– Kādā gadījumā attēla attālums līdz lēcai ir pozitīvs lēcas formulā? Var palīdzēt, ja uzzīmē staru gaitu lēcā.

Veidojas **šķietams**, **tiešs** un **palielināts** attēls.

Šķietama attēla gadījumā f ir negatīvs. Ja izmanto pozitīvu f, tad lēcas formula izskatās

$$\frac{1}{d}-\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$$

Rezultātā $\frac{1}{f}=\frac{1}{d}-\frac{1}{F}$ un $f=\left(\frac{1}{d}-\frac{1}{F}\right)^{-1}=$ **15 cm**

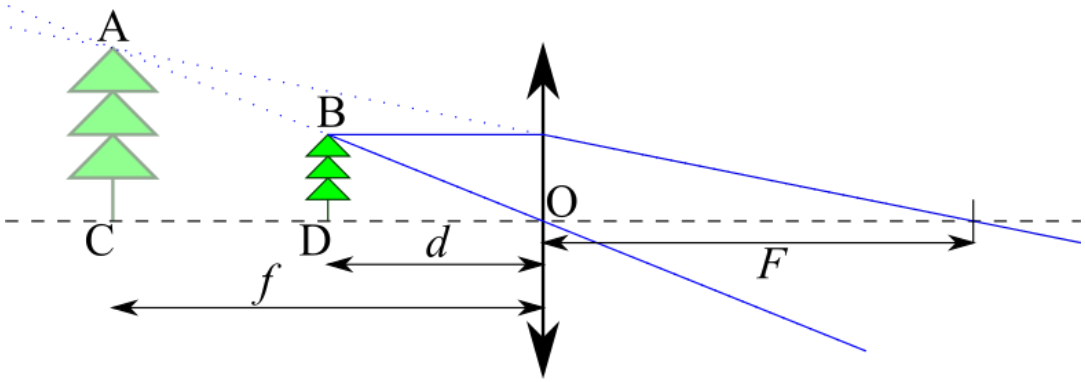
2. **Uzvedinošs jautājums:**

– Kādā gadījumā attēla attālums līdz lēcai ir pozitīvs lēcas formulā?

No lēcas formulas ar šķietamu attēlu $d=\left(\frac{1}{F}+\frac{1}{f}\right)^{-1}=$ **15 cm**

3. **Uzvedinošs jautājums:**

– Vai 286. attēlā vari ieraudzīt līdzīgus trīsstūrus?



286. att.

No līdzīgiem trīsstūriem AOC un BOD jeb palielinājuma formulas $\Gamma = \frac{f}{d} = 3$

4. $\frac{1}{\mathrm{d}} + \frac{1}{\mathrm{f}} = \frac{1}{\mathrm{F}}$ (lēcas formula ar reālu attēlu)

$d = l - f$, jo $f + d = l$

Apvienojot iegūst $\frac{1}{l-f} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ jeb $\frac{f+l-f}{(l-f)f} = \frac{1}{F}$

Pārveidojot, iegūst kvadrātvienādojumu $f^2 - fl + Fl = 0$, kura mazākais atrisinājums ir

$$f = \frac{\sqrt{l} - \sqrt{l^2 - 4Fl}}{2} = 3 \text{ cm}$$

5. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik lielam jābūt *d* salīdzinājumā ar *F*, lai iegūtu reālu attēlu?

– Cik tālu atrodas attēls brīdī, kad *d* = *F*? Cik liels ir palielinājums šajā brīdī?

Reālu attēlu iespējams iegūt tikai tad, kad objekta attālums līdz lēcai ir lielāks par fokusa attālumu. Tātad grafiks iespējams tikai apgabalā *d*/*F* > 1. Ja *d* = *F*, iegūstam, ka attēls veidojas bezgalībā. Tātad arī palielinājums punktā *d* = *F* ir bezgalīgs. Šiem nosacījumiem atbilst tikai viens grafiks.

Pareizā atbilde: **A**

6. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Vai vari izrēķināt leņķi β, ja $h_x = 0$?

– Kāda ir saistība starp leņķi α un β uz vide-gaiss robežvirsmas?

$h \ll h_1$, tad arī $h_x \ll h_1$, un β var izrēķināt no h_1 un lēcas rādiusa *R*.

Tad $sin\beta = \frac{R}{\sqrt{R^2+h_1^2}}$

No Sneliusa (gaismas laušanas) likuma $sin\alpha = \frac{1}{n} sin\beta = \frac{R}{n\sqrt{R^2+h_1^2}}$ un α = **32,8°**.

7. Lai gaisma varētu tikt saskatīta, tai ir jāiziet no vides. Tātad maksimālo leņķi nosaka pilnīgas iekšējās atstarošanās leņķis jeb $sin\alpha = \frac{1}{n}$ un α = **44,0°**

8. **Uzvedinošs jautājums:**
– Kā izmainīsies staru gaita lēcā?

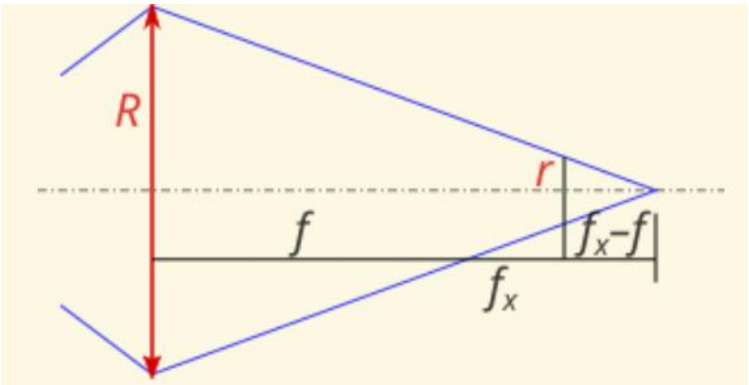
Ja apkārt būs vide, kurai laušanas koeficients ir līdzīgs lēcas laušanas koeficientam, tad lēca nespēs tik stipri noliekt starus, tāpēc **fokusa attālums palielināsies, optiskais stiprums samazināsies**.

9. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Kā izmainīsies staru gaita lēcā?
– Kādā gadījumā lēca nelauž gaismas starus?

Ja apkārtējās vides laušanas koeficients ir tāds pats, kā lēcas laušanas koeficients, tad lēca starus nelauž. Ja apkārtējās vides laušanas koeficients būs lielāks par lēcas laušanas koeficientu, tad stari tiks lauzti uz pretējo pusi nekā savācējlēcai un **savācējlēca kļūs par izkliedētājlēcu**. Rezultātā **optiskais stiprums samazināsies**.

10. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Kā izskatās staru gaita, kad ievietots sarkanais objekts, bet ekrāns vēl nav pārvietots?
– Kā pārvietojas stari, kas iziet caur lēcas perifēriju?
– Vai vari saskatīt līdzīgus trīsstūrus?

Apskatot starus, kas iet caur lēcas malām iegūstam sekojošu ainu brīdī, kad ievietots sarkanais avots, bet vēl nav pārvietots ekrāns. Veidojas līdzīgi trīsstūri ar pamatiem R un r un augstumiem f_x un $f_x - f$ (287. att.).



287. att.

No līdzīgu trīsstūru īpašības $\frac{r}{f_x - f} = \frac{R}{f_x}$ no kā sanāk, ka

$$r = R\left(1 - \frac{f}{f_z}\right) = \mathbf{0{,}85\ mm}$$

Lai novērstu hromatisko aberāciju, tiek izmantotas divas lēcas, kuras veidotas no atšķirīgiem materiāliem tā, lai to hromatiskās aberācijas materiāliem būtu atšķirīgos virzienos.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas tēmā – ģeometriskā optika:

- Lēcas formula (jautājumi 1., 2., 4., 5.);
- Lēcas palielinājums (jautājumi 3., 5.);
- Gaismas laušanas likums (jautājumi 6., 7.);

- Pilnīga iekšējā atstarošanās (jautājums 7.);
- Staru gaita lēcā (jautājumi 8., 9., 10.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t. sk.

- Apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 1., 2., 3., 4., 6., 7., 10.);
- Modelē fizikālos procesus (jautājumi 5., 8., 9.);
- Analizē procesu grafikus (jautājums 5.);
- Veic matemātiskas darbības ar trigonometriskām funkcijām (jautājumi 6., 7.);
- Veic aprēķinus (jautājumi 1., 2., 3., 4., 6., 7., 10.).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- Veic vienkāršas darbības –3. jautājums;
- Veic darbības pēc algoritma, kombinē atsevišķus elementus – 1., 2., 4., 5., 7., 8., 9. jautājums;
- Analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – 6., 10. jautājums

Risinot šo uzdevumu, skolēnam nepieciešams zināt lēcas formulu un gaismas laušanas likumu. Uzdevums ietver vairākus savācējlēcas pielietojumus, kur lēcu varam izmantot gan kā palielināmo stiklu (jautājumi 1., 2., 3.), gan attēla veidošanai (jautājumi 4., 5., 10.), gan mikroskopā (jautājumi 6., 7., 8., 9.). Uzdevums nav pārāk sarežģīts fizikāli, bet var rasties dažas matemātiskas problēmas to risinot.

N2017-12-2. POKEMON GO

1. $I = \frac{q}{\Delta t} \Rightarrow q = I \cdot \Delta t$. Lādiņa lielums $M = It = 3000\ \text{mA} \cdot 1\ \text{h} = 3\ \text{A} \cdot 3600\ \text{s} = \mathbf{1{,}08 \times 10^4\ C}$

2. Telefona lietošanas laikā patērētais lādiņš ir $kM = I\tau$.

Vidējais strāvas stiprums telefona izmantošanas laikā $I = \frac{kM}{\tau}$.

Telefona vidējā elektriskā jauda $P = IU = \frac{kM}{\tau}U = \frac{0{,}18 \cdot 2{,}150 \cdot 3600}{1{,}5 \cdot 3600} \cdot 4{,}5 = \mathbf{1{,}16\ W}$

3.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U}{M/t} = \frac{Ut}{M} = \frac{4{,}5 \cdot 3{,}5 \cdot 3600}{2{,}150 \cdot 3600} = \mathbf{7{,}33\ \Omega}$$

4. $E = Pt = UIt = U\frac{M}{t}t = UM = 4{,}5 \cdot 2{,}150 \cdot 3600 = \mathbf{3{,}48 \cdot 10^4\ J}$

5. Kopējais patērējamais enerģijas daudzums $E = UM$ (sk. iepriekšējā jautājuma atrisinājumu)

Kondensatora enerģija $E = \frac{1}{2}CU^2$

$$\frac{1}{2}CU^2 = UM$$

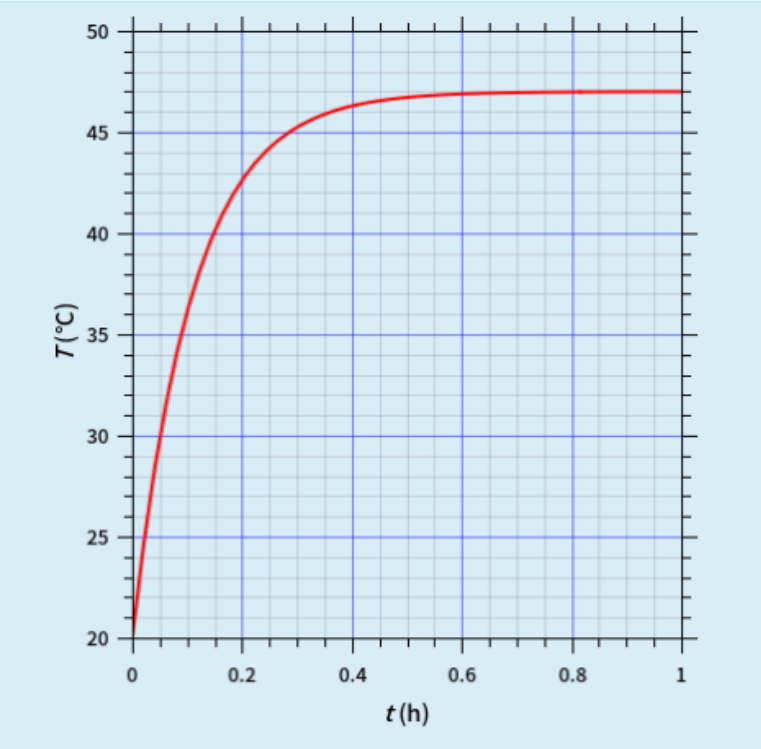
$$C = \frac{2M}{U} = \frac{2 \cdot 2{,}150 \cdot 3600}{4{,}5} = \mathbf{3440\ F}$$

6. Ja uzlādēto kondensatoru pieslēdz pie vadītāja ar noteiktu pretestību, caur vadītāju plūst strāva un kondensators izlādējas pēc eksponenciāla likuma (**grafiks B**).

7. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Līdz kādam spriegumam izlādēsies telefonu darbināšanai izmantotais kondensators spēlēšanas laika beigās?

– Cik liela ir kondensatora enerģijas izmaiņa šajā procesā?



288. att.

Enerģija sākumā $E_1 = \frac{1}{2}CU_1^2$, beigās $E_2 = \frac{1}{2}CU_2^2$

Enerģijas izmaiņa

$$\Delta E = \frac{1}{2}C(U_2^2 - U_1^2)$$

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta E}{P} = \frac{C}{2P}(U_2^2 - U_1^2) =$$

$$= \frac{4000}{2 \cdot 1{,}3}(4{,}5^2 - 4{,}4^2) =$$

$$= 1369 \text{ s} = \mathbf{22{,}8 \text{ min}}$$

8.

No 288. attēla grafika redzams, ka pirmās spēlēšanas stundas laikā iestājas stacionārā temperatūra T = 47 °C.

Siltuma daudzums, kas izdalās trīs stundu laikā, ir

$$\Delta Q = c(T - T_v)\Delta t = 0{,}11 \cdot (47 - 20) \cdot 3 \cdot 3600 = \mathbf{3{,}21 \cdot 10^4 \text{ J}}$$

9. **Uzvedinošs jautājums:**

– Vai telefona jauda ziemā atšķiras no telefona jaudas vasarā?

Atbilstoši 8. jautājumā dotai sakarībai, vasarā tiek patērēta jauda $P_{vas} = c(T_{vas} - T_{v,vas})$

T_{vas} – maksimālā baterijas temperatūra vasarā, $T_{v,vas}$ – vides temperatūra vasarā

Ziemā tiek patērēta jauda $P_{Zie} = c(T_{Zie} - T_{v,zie})$

T_{Zie} – maksimālā baterijas temperatūra ziemā, $T_{v,zie}$ – vides temperatūra ziemā

T.k. ir dots, ka spēlētājs vienlīdz ilgi spēlēja telefonu ziemā un vasarā, var secināt, ka telefona jauda ziemā un vasarā ir viena un tā pati: $P_{vas} = P_{Zie} \Rightarrow T_{zie} - T_{v,zie} = T_{vas} - T_{v,vas}$ (jo c = const)

$$\Delta T = T_{zie} - T_{vas} = T_{v,zie} - T_{v,vas} = \mathbf{-31^0 C}$$

10. Vienā darbībā izdalās enerģija *E*. Vienā sekundē veiktas *n* darbības. Jauda ir patērētā enerģija vienā sekundē: $P = \frac{nE}{t} = Ef = 2{,}75 \cdot 10^{-21} \cdot 1{,}4 \cdot 10^9 = \mathbf{3{,}85 \cdot 10^{-12} \text{ W}}$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Elektriskā strāva – strāvas stiprums (jautājums 1.), jauda (jautājumi 2., 7., 10.), Oma likums ķēdes posmam (jautājums 3.), elektroenerģija (jautājumi 4., 5.), kondensators līdzstrāvas ķēdē (jautājums 6.);

- Elektriskie lādiņi un elektriskais lauks – elektriskā lauka enerģija (jautājumi 5., 7.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1., 2., 3., 4., 5., 7., 8.);
- veic lielumu dimensionālo analīzi (jautājums 1.);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 6., 8., 9., 10.);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1., 2., 3., 4., 5., 7., 8., 9., 10.);
- nolasa datus no grafika (jautājums 8.);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (grafiki, formulas, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājums 8.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, identificē, veic vienkāršu darbību – 1., 6. jautājums;
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – 2., 3., 4., 5., 8., 10. jautājums;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – 7., 9. jautājums

Piedāvātais uzdevums nav sarežģīts, tā risināšanai pietiek ar ikdienas fizikas stundās izmantojamām zināšanām un prasmēm. Skolēnam jāprot lasīt jautājumu aprakstus un identificēt tajos risināšanai nepieciešamo informāciju. Jāizprot elektriskās strāvas jēdziens, jāsaprot kondensatora darbības princips un jāzina, kā notiek kondensatora izlāde līdzstrāvas ķēdē. Jāprot veikt aprēķinus, pārveidojot fizikālo lielumu mērvienības, darbojoties ar priedēkļiem un pakāpēm.

N2017-12-3. SATELĪTI

1.

- Tā kā ģeostacionārajā orbītā pavadoņa apriņķošanas periods sakrīt ar Zemes rotācijas periodu, turklāt tā attālums līdz Zemes virsmai ir nemainīgs, tad attiecībā pret Zemes virsmu pavadonis nekustas.
- Brīvās krišanas paātrinājumu nosaka gravitācijas spēks, kas ir atkarīgs no attāluma starp ķermeņu (Zeme un pavadonis) centriem, tāpēc pavadonim orbītā tas ir mazāks, nekā uz Zemes virsmas.
- Svars ir spēks, ar kādu ķermenis spiež uz virsmu vai nostiepj piekari – pavadonim nav svara, tas atrodas bezsvara stāvoklī.
- Kustībā pa riņķa līniju centrtieces paātrinājums ir vērsts virzienā uz riņķa līnijas centru, nevis orbītas pieskares virzienā.

No piedāvātajiem apgalvojumiem nav pareizs apgalvojums par centrtieces paātrinājumu: "**Ja pavadonis atrodas ģeostacionārajā orbītā, tad tā paātrinājuma vektors ir vērsts orbītas pieskares virzienā**".

2. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kas ir kopīgs un atšķirīgs ģeostacionārai un ģeosinhronai orbītām? Kāds nosacījums izpildās abām orbītām?

- Svars ir spēks, ar kādu ķermenis spiež uz virsmu vai nostiepj piekari – pavadonim nav svara, tas atrodas bezsvara stāvoklī.

- Saskaņā ar 3. Keplera likumu, visām eliptiskajām ģeosinhronajām orbītām ir vienāds lielās pusass garums, jo visām ģeosinhronajām orbītām ir vienāds periods.
- Saskaņā ar 1. Keplera likumu – ir iespējamas tikai eliptiskas vai riņķveida ģeosinhronās orbītas.
- Tā kā pavadoņa apriņķošanas periods sakrīt ar Zemes rotācijas periodu, tad pēc viena perioda pavadonis atrodas tajā pašā vietā attiecībā pret Zemes virsmu.
- Ģeostacionārajai orbītai ir noteikts rādiuss. Ģeosinhronajā orbītā pavadonis var atrasties gan tuvāk, gan tālāk no Zemes par ģeostacionāro orbītu. Attiecīgi potenciālā enerģija var būt gan mazāka, gan lielāka.
- Ja pavadonis atrodas ģeosinhronajā orbītā, tad nekustīgam novērotājam, kas pavadoni redz no Zemes, izskatās, ka pavadonis nekustas attiecībā pret Zemes virsmu (izpildās tikai ģeostacionārajai orbītai).

No piedāvātajiem apgalvojumiem nav pareizs apgalvojums "**Ja pavadonis atrodas ģeosinhronajā orbītā, tad nekustīgam novērotājam, kas pavadoni redz no Zemes, izskatās, ka pavadonis nekustas attiecībā pret Zemes virsmu**".

3. **Uzvedinošs jautājums:**
– Kā pavadoņa kustības ātrums saistīts ar centrtieces paātrinājumu?

Uz pavadoni riņķveida orbītā ap Zemi darbojas gravitācijas spēks $F = G\frac{mM}{R^2}$, kas piešķir pavadonim centrtieces paātrinājumu $a = \frac{\mathrm{v}^2}{R}$. Pēc 2.Ņūtona likuma:

$$G\frac{mM}{R^2} = ma = \frac{m\mathrm{v}^2}{R}$$

un varam izteikt pavadoņa ātrumu:

$$v = \sqrt{G\frac{M}{R}} = \mathbf{7546\ \frac{m}{s}}$$

4.

$$T = \frac{2\pi R}{\mathrm{v}} = \mathbf{8796\ s}$$

5. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Cik liels ir pavadoņa apriņķošanas periods ģeostacionārajā orbītā?
– Kā apriņķošanas periods saistīts ar pavadoņa orbītas rādiusu?

Uz pavadoni riņķveida orbītā ap Zemi darbojas gravitācijas spēks $F = G\frac{mM}{R^2}$, kas piešķir pavadonim centrtieces paātrinājumu $a = \frac{\mathrm{v}^2}{R}$. Ievietojot šīs izteiksmes 2. Ņūtona likumā pavadoņa kustībai un saīsinot pavadoņa masu, iegūst:

$$G\frac{M}{R^2} = \frac{\mathrm{v}^2}{R} \Rightarrow \mathrm{v}^2 = G\frac{M}{R} \qquad (1.)$$

Vienmērīgā kustībā pa riņķa līniju lineāro ātrumu var izteikt: $\mathrm{v} = \frac{2\pi R}{T}$. Ievietojot šo izteiksmi ātruma vietā izteiksmē (1.), iegūst:

$$\frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = \frac{GM}{R}$$

Izsakām rādiusu: $R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6{,}67\cdot10^{-11}\cdot5{,}97\cdot10^{24}\cdot(24\cdot3600)^2}{4\cdot3{,}14^2}} = \mathbf{42227\ km}$

(ģeostacionārajā orbītā apriņķošanas periods ir T = 24 h).

6. **Uzvedinoši jautājumi:**

– No kā ir atkarīga pavadoņa potenciālā enerģija?

– Kā mainās pavadoņa attālums līdz Zemei aprakstītā manevra laikā?

– Vai potenciālā enerģija var mainīties lēcienveidā?

Atbilstoši piezīmei uzdevuma sākumā, potenciālā enerģija ir atkarīga tikai no pavadoņa attāluma līdz Zemei, tāpēc, novērtējot kustības trajektoriju, var secināt, ka enerģija nevar mainīties lēcienveidīgi. Attēlā (31. att.) redzams, ka punktā *A* ir orbītas O_2 perigejs (vismazākais attālums no Zemes), līdz ar to attālums starp pavadoni un Zemi tikai palielinās. Tā kā potenciālā enerģija ir negatīva un apgriezti proporcionāla attālumam, tad tā arī tikai palielinās.

Pareizā atbilde: **D**

7. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kā mainās pavadoņa kinētiskā enerģija dzinēju ieslēgšanas brīžos?

– Kurā orbītā (O_1 vai O_3) pavadoņa lineārais ātrums Zemes gravitācijas laukā ir lielāks?

– Ko var pateikt par laika posmu, kad pavadonis kustās ar ieslēgtiem dzinējiem, salīdzinājumā ar orbītas nomaiņas manevra kopējo laika posmu?

Gan punktā *A*, gan punktā *B* pavadonis tiek paātrināts kustības virzienā. Orbītas nomaiņas manevrā laika posms ar ieslēgtiem dzinējiem ir daudz mazāks, nekā laiks, kurā pavadonis kustās tikai gravitācijas spēka iedarbībā. Grafikā tas tiek atspoguļots kā lēcienveidīgais ātruma pieaugums. Turklāt atbilstoši Keplera 2. likumam, ceļojot pa orbītu O_2 no perigeja (vismazākais attālums līdz Zemei) līdz apogejam (vislielākais attālums līdz Zemei), pavadoņa ātrums tikai samazinās. Pareizā atbilde: **A**

8. Pavadoņa kinētiskās enerģijas noteikšanai orbītā O_1 izmantosim 5. jautājuma atrisinājumā iegūto izteiksmi (1.): $v^2 = \frac{GM}{R} \Rightarrow E_k = \frac{mv^2}{2} = G\frac{mM}{2R}$.

Izteiksme potenciālajai enerģijai tika dota uzdevuma ievadā: $E_p = -G\frac{mM}{R}$

Pavadoņa kopējā (kinētiskā un potenciālā) enerģija: $E = G\frac{mM}{2R} - G\frac{mM}{R} = -G\frac{mM}{2R} = \mathbf{-664\ MJ}$

9. No 31. attēla viegli redzēt

$$a = \frac{R_1 + R_2}{2} = \mathbf{32500\ km}$$

10. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kāda sakarība pastāv starp orbītu O_1 un O_2 apriņķošanas periodiem un lielajām pusasīm?

– Cik ilgu laiku pavadonis pavada orbītā O_2?

Pa orbītu O_2 pavadonis veic ceļu no perigeja līdz apogejam — tātad pavada pusi no apriņķošanas perioda: $t = \frac{1}{2}T_2$, kur T_2 ir orbītas O_2 periods. To var aprēķināt pēc 3. Keplera likuma (divu orbītu apriņķošanas periodu kvadrāti attiecas tāpat kā orbītu lielo pusasu kubi):

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

kur $a_1 = R_1$ =30 000 km un $a_2 = a$ = 40 000 km.

$$T_2^2 = T_1^2 \cdot \frac{a^3}{{R_1}^3}$$

$T_2 = T_1\sqrt{\left(\frac{a}{R_1}\right)^3} = 30{,}8$ h $\Rightarrow t = \frac{1}{2}T_2 =$ **15,4 h**

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Gravitācija un kustība gravitācijas laukā – gravitācijas likums (jautājumi 3., 5.), ķermeņa svars (jautājumi 1., 2.), Keplera likumi (jautājumi 2., 7., 10.);
- Ķermeņu kustība – centrtieces paātrinājums (jautājumi 1., 3., 5.), lineārais ātrums un apriņķošanas periods (jautājumi 4., 5.);
- Mijiedarbība un spēki – spēks un paātrinājums (jautājumi 3., 5.);
- Enerģija un impulss – kinētiskā un potenciālā enerģija (jautājumi 6., 7., 8.), pilna mehāniskā enerģija (jautājums 8.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 3., 4., 5.);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1., 2., 6., 7.);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 3., 4., 5., 8., 10.);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājums 9.);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājumi 6., 7.);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājumi 3., 5.);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (shēmas, attēli, grafiki, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 6., 7., 8., 9., 10.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificē, veic vienkāršu darbību – 1., 4. jautājums;
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – 8., 9. jautājums;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – 2., 3., 5., 6., 7., 10. jautājums.

Uzdevuma risināšanas gaitā skolēnam jāparāda izpratne par ķermeņu kustību gravitācijas laukā, Keplera likumiem, jāprot izteikt kustības raksturlielumus – lineārais ātrums, apriņķošanas periods, izmantojot kustības likumus, spēkus, Gravitācijas likumu, 3. Keplera likumu, kombinēt iegūtās izteiksmes. Jāsaprot jēdziens "orbītas lielā pusass". Jāprot darboties ar pakāpēm, veikt fizikālo lielumu mērvienību pārveidojumus, izmantot kalkulatoru kubiskās saknes aprēķināšanai.

9. klase

V2017-9-1. BRAUCIENS UZ JAUNO FIZIĶU SKOLU

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kā noteikt posma garumu, kuru autobuss nobrauktu 15 minūšu laikā, ja lietus nelītu?

– Ar ko vienāda attālumu starpība, ko autobuss veiktu, ja lietus nelītu un ko autobuss veica lietus laikā?

Zināms, ka $v_0 = 80$ km/h, $v = 70$ km/h, t – laiks, cik ilgi lija lietus, $\Delta t = 15$ minūtes, starpība starp plānoto iebraukšanas laiku, ja lietus nelītu un lietus gadījumā.

289. att.

AB – posms, kuru autobuss nobrauca pirms lietus, BC – posms, kuru autobuss nobrauca lietus laikā.
BD – posms, kuru nobrauktu autobuss, ja lietus nesāktos.

No vienas puses – attālums CD ir starpība starp attālumu, ko autobuss veiktu, ja lietus nelītu un ko autobuss nobrauca lietus laikā

$$CD = BD - BC = v_0 t - vt = (v_0 - v)t$$

No otras puses attālums AB + BC + DR lietus laikā tika nobraukts laikā, kurš sākumā bija ieplānots visam ceļam AR, tāpēc attālums $CD = v_0 \Delta t$, kur $\Delta t = 15$ minūtes.

Tātad $CD = (v_0 - v)t = v_0 \Delta t$, no kurienes

$$t = \frac{v_0 \Delta t}{v_0 - v_1} = \frac{80 \cdot 15}{80 - 70} = \mathbf{120\ minūtes}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– No kā ir atkarīgs vidējais ātrums? Kādos atšķirīgos gadījumos, veicot vienu un to pašu attālumu vienādā laikā, autobusu vidējie ātrumi var būt vienādi?

– Kuri laika posmi ir vienādi autobusa kustībā gadījumos, kad lija un kad nelija lietus?

Vidējais ātrums ir vienāds ar visu veikto ceļu, dalītu ar visu kustības laiku. Tā, kā autobuss iebrauca Rīgā plānotajā laikā, vidējais kustības ātrums ir vienāds ar sākotnēji plānoto kustība ātrumu $\boldsymbol{v_0 = 80}$ **km/h.**

Pieņemsim, ka lietus lija laiku t. Ceļš, nobraukts šajā laikā, ir vienāds ar $s_1 = v_1 t$, kur $v_1 = 70$ km/h.

Laiks, kurā autobuss nobrauca atlikušo attālumu, ir vienāds ar

$$t_2 = \frac{s_2}{v_2}$$

Ir skaidrs, ka laiks no lietus sākuma līdz autobusa iebraukšanai Rīgā ir vienāds ar laiku, kurš ir jāpatērē, lai veiktu to pašu ceļa posmu ar sākotnējo ātrumu.

$$t + t_2 = \frac{s_1 + s_2}{\mathrm{v}_0}$$

$$t + \frac{s_2}{\mathrm{v}_2} = \frac{\mathrm{v}_1 t + s_2}{\mathrm{v}_0}$$

Izsakām no iegūtās izteiksmes laiku t, kurā lija lietus

$$\mathrm{v}_1 t + s_2 = \mathrm{v}_0 t + \frac{s_2}{\mathrm{v}_2}\mathrm{v}_0$$

$$t(\mathrm{v}_0 - \mathrm{v}_1) = s_2 - \frac{s_2}{\mathrm{v}_2}\mathrm{v}_0$$

$$t(\mathrm{v}_0 - \mathrm{v}_1) = s_2\left(1 - \frac{\mathrm{v}_0}{\mathrm{v}_2}\right)$$

$$t(\mathrm{v}_0 - \mathrm{v}_1) = s_2\frac{\mathrm{v}_2 - \mathrm{v}_0}{\mathrm{v}_2}$$

$$t = \frac{s_2(\mathrm{v}_2 - \mathrm{v}_0)}{\mathrm{v}_2(\mathrm{v}_0 - \mathrm{v}_1)} = \frac{45(90 - 80)}{90(80 - 70)} = \mathbf{0{,}5\ h}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kādus secinājumus var izdarīt par to, kā darbojas katrs otrais luksofors, ja autobusiem izdodas "noķert" zaļo vilni?

– Ar ko ir vienāds laiks, kuru autobuss patērē ceļam starp luksoforiem, pieņemot, ka luksoforu skaits n = 0, 1, 2, 3 ...?

– Ar ko ir vienāds autobusa kustības ātrums?

– Cik liels ir ātruma ierobežojums uz šosejas?

Tā kā visi autobusi "noķēra" zaļo vilni un neapstājās pie neviena luksofora, tas nozīmē, ka autobusi, kuri izbrauca no pirmā luksofora tajā momentā, kad tajā tikko ieslēdzās zaļā gaisma, piebrauca pie nākamajiem luksoforiem arī tajā momentā, kad tikko ieslēdzās zaļā gaisma. Citiem vārdiem sakot, katrs otrais luksofors darbojas pretfāzē ar iepriekšējo: ja pirmajā luksoforā deg zaļā gaisma, tad otrajā deg sarkanā gaisma.

Laiks, kuru autobuss patērēja ceļam starp luksoforiem ir vienāds ar 2 + 4n minūtēm, kur n = 0, 1, 2, 3… ir skaits, cik reizes luksofori pārslēdzas no zaļā signāla uz nākamo zaļo signālu.

Autobusa kustības ātrums:

$$\mathrm{v} = \frac{s}{t} = \frac{5\ \mathrm{km}}{\frac{2 + 4n}{60}\ \mathrm{h}} = \frac{5 \cdot 60}{2 + 4n}\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

v = 150 km/h, 50 km/h, 30 km/h, 21,4 km/h, 16,7 km/h utt.

No tiem atļauti ātrumi ir **50 km/h, 30 km/h, 21,4 km/h, 16,7 km/h, utt.**

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par vienmērīgu kustību un tās raksturlielumiem:

- ātrums un pārvietojums (A, B un C), vidējais ātrums (B).

Uzdevuma risināšanas procesā visos jautājumos jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- aprakstīt kustību, izmantojot kustības raksturlielumus (A, B, C);
- veikt analītiskus spriedumus par procesu, izmantojot sakarības starp fizikālajiem lielumiem (A, B, C);
- veikt fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizējot, pārveidojot un kombinējot izveidotās likumsakarības (A, B, C);
- veikt aprēķinus (A, B, C).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- salīdzināt, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – A un B jautājums;
- izvērtēt, vispārināt un radīt likumsakarības – C jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par vienmērīgu kustību un tās raksturlielumiem. Skolēnam jāprot aprakstīt vienmērīgu kustību dažādās situācijās, kā arī saskatīt vairākus veidus, kā aprakstīt vienu un to pašu veikto ceļa vai laika posmu. Skolēnam jāprot vispārināt un sastādīt izteiksmi, kas apraksta autobusa patērēto laiku ceļā starp luksoforiem, ja zināms attālums, kurā izvietoti luksofori; laiks, cik ilgi deg luksofora signāls un jāraksturo autobusa kustība.

V2017-9-2. OPTIKA – APGRIEZTAIS UZDEVUMS

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi ir attēla raksturlielumi?
– Kā tu raksturotu attēlu, ja priekšmets būtu īsākā bultiņa, bet šī priekšmeta attēls – garākā bultiņa?
– Kā tu raksturotu attēlu, ja priekšmets būtu garākā bultiņa, bet šī priekšmeta attēls – īsākā bultiņa?
– Ar ko reāls attēls atšķiras no šķietama attēla?
– Kādu vai kādas lēcas izmantojot, var iegūt priekšmeta šķietamu attēlu?

Atbilde:

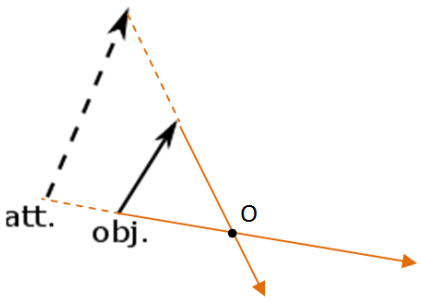
- **Ja lēcas veidotais attēls ir šķietams, tad tas ir arī tiešs.**
- **Ar izkliedētājlēcu iespējams iegūt tikai šķietamu attēlu.**
- **Šķietamu attēlu var iegūt – gan ar savācējlēcu, gan ar izkliedētājlēcu.**

Secinājums: Tiešs attēls vienmēr būs šķietams, bet, ja mēs nezinām, kurš ir objekts un kurš ir attēls, pateikt viennozīmīgi, kāda lēca izmantota mēs nevaram, jo šķietamu palielinātu attēlu var iegūt ar savācējlēcu, bet šķietamu samazinātu – ar izkliedētājlēcu.

B

B1

Lai konstruētu lēcas veidoto attēlu, no katra raksturīgā priekšmeta punkta jānovelk vismaz divi uz lēcu krītošie stari un jāatrod tiem atbilstošie lauztie stari vai šo staru turpinājumi.



290. att.

Tā kā ir dots gan objekts, gan attēls, tad, lai atrastu lēcas optisko centru, jāizvēlas gaismas stars, kas iet no priekšmeta abiem galapunktiem uz attēla attiecīgajiem punktiem caur lēcas optisko centru (290. att.).

B2 **Uzvedinoši jautājumi:**

– Vai lēca un objekts ir novietoti savstarpēji paralēli? Kas par to liecina?

– Vai attēla plakne un objekta plakne krusto lēcas plakni? Kā to varētu pārbaudīt?

– Kā attiecībā pret lēcas plakni ir novietota galvenā optiskā ass?

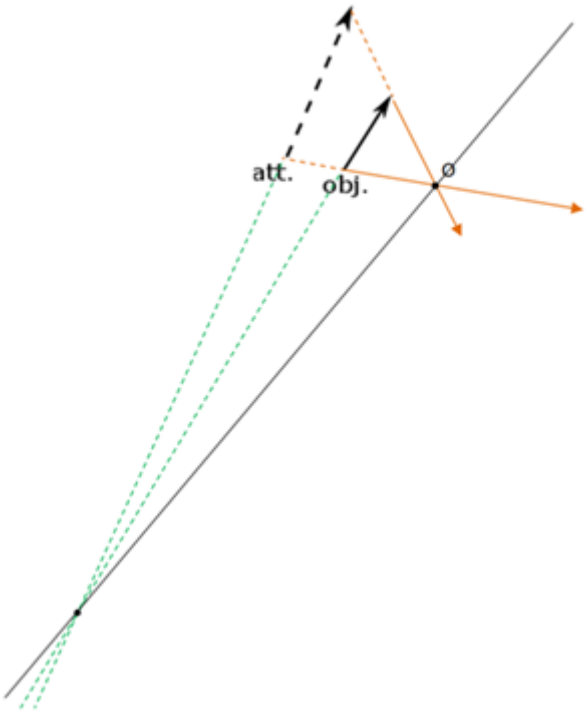
– Kā gaismas stars krīt uz lēcu, ja, izejot cauri lēcai, tas iet caur lēcas fokusu?

– Cik tālu no lēcas optiskā centra atrodas fokuss lēcai labajā pusē, ja kreisajā pusē tas atrodas 2 cm attālumā no galvenās optiskās ass?

Lai noskaidrotu, kur atrodas lēcas fokuss, vispirms ir jāatrod lēcas plaknes atrašanās vieta.

Tā kā objekts un attēls nav savstarpēji paralēli, tad arī lēca neatrodas paralēli attiecībā pret objektu un attēlu. Tas nozīmē, ka objekta plakne un attēla plakne, vienmēr krusto lēcas plakni kādā punktā [empīriski var pārbaudīt, ka visas trīs plaknes krustojas vienā un tajā pašā punktā] (skat. 291. att.):

- atrodam attēla plaknes un priekšmeta plaknes krustpunktu;
- varam atrast lēcas plakni, kas iet caur minēto krustpunktu un lēcas optisko centru;
- perpendikulāri plaknes lēcai, caur lēcas optisko centru novelkam galveno optisko asi.



291. att.

Gaismas stars, kas krīt uz lēcu paralēli un tuvu galvenajai optiskajai asij, pēc tam iet caur lēcas fokusu. Lai atrastu lēcas fokusu (skat. 292. att.):

- zīmējam no objekta viena gala gaismas staru, kas paralēls lēcas galvenajai optiskajai asij;
- izejot caur lēcu, stars iet tādā slīpumā, ka stara turpinājums veido attēla atbilstošo galapunktu;
- punktā, kur stars, izejot cauri lēcai krusto galveno optisko asi, ir lēcas fokuss;
- otru lēcas fokusu atliekam uz lēcas galvenās optiskās ass simetriski lēcas optiskajam centram lēcai otrā pusē.

B3 **Savācējlēca**, jo palielinātu šķietamu attēlu dod savācējlēca, ja priekšmets atrodas pirms fokusa.

C

C1 Lai noskaidrotu, cik tālu no priekšmeta jānovieto lēca, izmantojam doto informāciju:

1) palielinājums

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} = 4$$

2) attālums no priekšmeta līdz attēlam (ekrānam)

$$d + f = 3$$

3) attālums no ekrāna līdz lēcai

$$f = 4d$$

$$d + f = 3$$

$$4d + d = 3$$

$$5d = 3$$

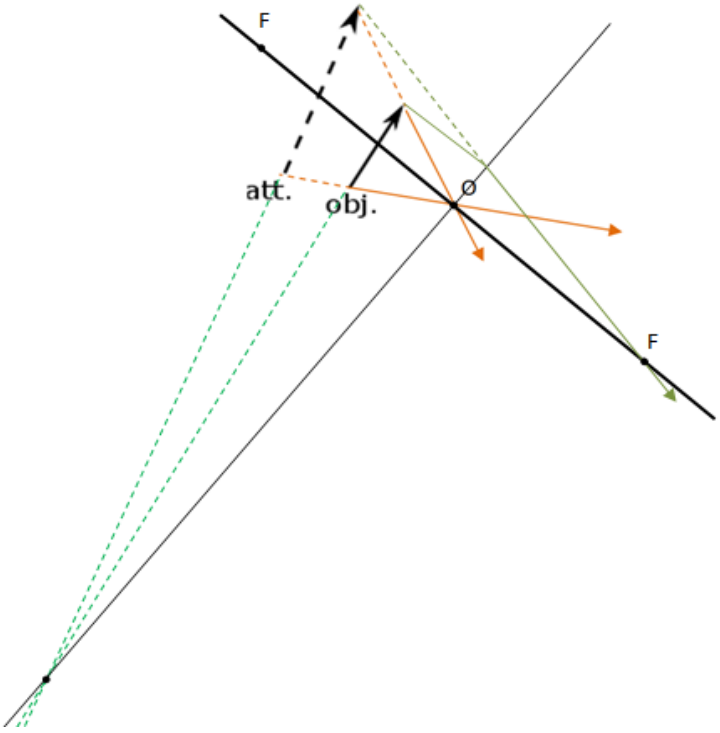
$$d = \frac{3}{5} = 0{,}6$$

$$f = 4d = 4 \cdot 0{,}6 = \mathbf{2{,}4\ m}$$

C2

$$D = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{2{,}4} + \frac{1}{0{,}6} = \mathbf{2{,}08} \approx$$

$$\approx \mathbf{2\ dioptrijas}$$



292. att.

C3 Tikai **reālu attēlu** iespējams projicēt uz ekrāna.

C4 Tikai ar **savācējlēcas** palīdzību var iegūt reālu attēlu.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par attēlu veidošanos lēcās:

- attēlu īpašības (A, C1, C3 un C4 jautājumi), lēcas raksturlielumi (B2), izkliedētājlēcas un savācējlēcas īpašības (A, B3, C4), lēcas formula un optiskais stiprums (C2), lineārais palielinājums (C1), gaismas staru gaita lēcās (B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- izdarīt secinājumus, pamatojoties uz problēmas risinājumā iegūtajiem datiem (A, B3, C3, C4);
- analizēt fizikāla rakstura informāciju tekstā (A);
- lietot vizuālo informāciju fizikālo procesu attēlošanā – attēlot staru gaitu lēcā (B1, B2);
- skaidrot procesus, lietojot fizikālos modeļus (B2);
- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (C1, C2);
- veikt aprēķinus (C1, C2).

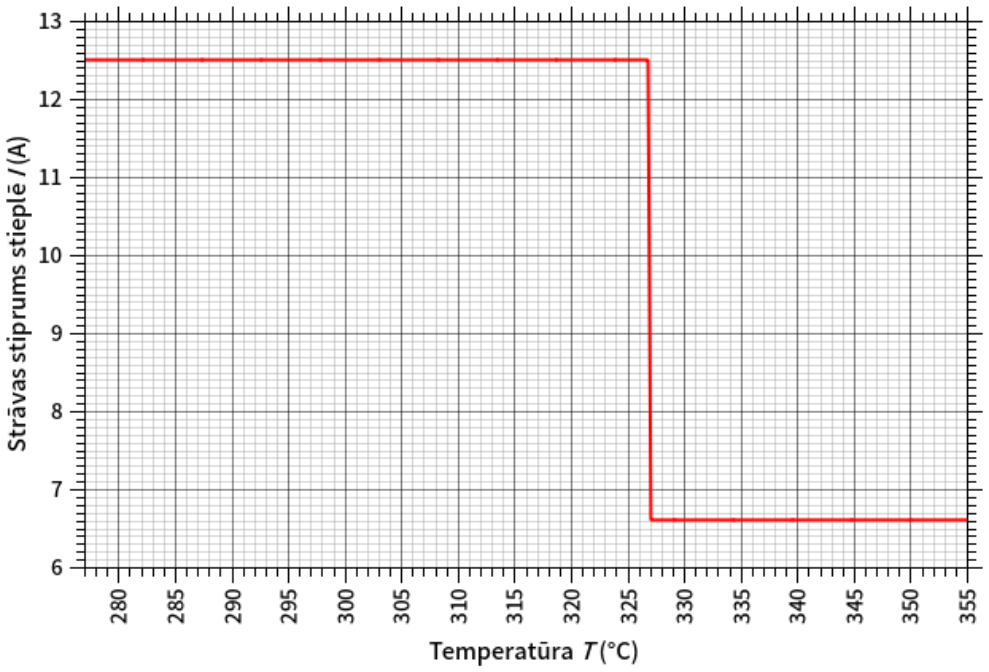
Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt, veikt vienkāršu darbību – jautājumi B3, C2, C3, C4;
- aprakstīt, veikt darbību pēc algoritma, kombinēt – jautājumi B1 un C1;
- analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – jautājumi A un B2.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par attēlu veidošanos lēcās, lēcas raksturlielumiem un attēlu īpašībām. Skolēnam jāprot konstruēt staru gaitu lēcās un konstrukcijas rezultātā jāatrisina apgriezts uzdevums: redzot attēla un priekšmeta atrašanās vietu, jāuzkonstruē lēcas

atrašanās vieta un jāatrod lēcas optiskais centrs un lēcas fokusa attālums. Skolēnam jāprot izvēlēties atbilstošas izteiksmes un aprēķināt lēcas optisko stiprumu, lēcas attālumu no ekrāna, kur veidojas attēls.

V2017-9-3. KAUSĒŠANA AR ELEKTRISKO STRĀVU



293. att.

A Mainoties vielas stāvoklim (1. veida fāzes pāreja), dažas fizikālās īpašības (t. sk. īpatnējā pretestība, blīvums un īpatnējā siltumietilpība) mainās lēcienveidīgi. No grafika (293. att.) nosaka temperatūru, kurā notiek "lēciens": ***T* = 327 °C.**

B Īpatnējo pretestību var izteikt no pretestības formulas, zinot, ka pretestību var noteikt, ja ir zināms spriegums un strāvas stiprums:

$R = \frac{\rho L}{S}$, no kurienes $\rho = \frac{RS}{L} = R\frac{a^2}{L} = \frac{U}{I}\frac{a^2}{L}$

Dots: U = 6 V, a = 1 mm, L = 1,0 m, I_s = 12,5 A

$$\rho = \frac{6}{12{,}5} \cdot \frac{(1 \cdot 10^{-3})^2}{1} = 0{,}48 \cdot 10^{-6}\,\Omega \cdot \text{m} = \mathbf{0{,}48\ \mu\Omega \cdot m}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kā mainās svina masa, ja svina stiepli izkausē?
– Kurā stāvoklī – cietā vai šķidrā – vienas un tās pašas vielas blīvums ir lielāks?
– Kā mainās svina tilpums, ja svina stiepli izkausē?
– Cik stipra strāva plūst svina stieplē?
– Cik stipra strāva plūst cauri šķidram svinam, kas atrodas siltumizturīgajā elektroizolējošā formā?
– No kā ir atkarīgs, cik reižu atšķiras strāvas stiprums, kas plūst svina stieplē un cauri šķidram svinam?

Izkausējot svina stiepli, šķidrais svins paliek siltumizturīgajā elektroizolējošajā formā. Salīdzinām cieta un šķidra svina blīvumus:

$$\frac{b_c}{b_{šķ}} = \frac{m/V_c}{m/V_{šķ}} = \frac{V_{šķ}}{V_c} = \frac{ahL}{a^2L} = \frac{h}{a}$$

kur h – ir šķidrā svina slāņa augstums formā; $h < a$, jo šķidra svina blīvums ir mazāks nekā cieta svina blīvums, bet masa nemainās, tātad slāņa augstums samazinās.

Izmantojot doto grafiku, var noteikt, cik stipra strāva plūst cauri svina stieplei un cik stipra strāva plūst cauri izkausētajam svinam siltumizturīgajā elektroizolējošajā formā.

$I_c = 12{,}5$ A; $I_{šķ} = 6{,}6$ A

Strāvas stiprums, kas plūst cauri svinam (cietā vai šķidrā stāvoklī) ir atkarīgs no tam pieliktā sprieguma un svina posma pretestības. Salīdzinot svina stiepli un izkausēto svina slāni formā, redzams, ka ir atšķirīgs vadītāja šķērsgriezuma laukums un svina īpatnējā pretestība.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{US}{\rho L}$$

$$\frac{I_c}{I_{šķ}} = \frac{Ua^2/\rho_c L}{Uah/\rho_{šķ} L} = \frac{\rho_{šķ} a}{\rho_c h}$$

no kurienes

$$\frac{h}{a} = \frac{I_{šķ}\rho_{šķ}}{I_c\rho_c}$$

Tātad

$$\frac{b_c}{b_{šķ}} = \frac{h}{a} = \frac{I_{šķ}\rho_{šķ}}{I_c\rho_c} = \frac{6{,}6 \cdot 0{,}96}{12{,}5 \cdot 0{,}48} = \mathbf{1{,}06}$$

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kādā temperatūru intervālā tika sildīta svina stieple un kādā – izkausētais svins?

– No kurienes tika iegūts sildīšanai patērētais siltuma daudzums?

– Kādi fizikālie lielumi ir vienādi, kad silda svina stiepli un pēc tam izkausēto svinu vienādu laiku?

– No kā ir atkarīgs, cik reižu atšķiras cieta un šķidra svina īpatnējās siltumietilpības?

No dotā grafika varam nolasīt, no kādas temperatūras līdz kādai temperatūrai tika sildīta svina stieple un attiecīgi izkausētais svins.

Cieta svina sildīšana no 277 °C līdz 327 °C aizņem tikpat daudz laika, cik šķidra svina sildīšana no 327 °C līdz 355 °C. Sildīšanai aiziet elektriskās strāvas izdalītā jauda noteiktā laikā:

$$I_c U\Delta t = c_c m\Delta T_c$$
$$I_{šķ} U\Delta t = c_{šķ} m\Delta T_{šķ}$$

Lai atrastu siltumietilpību attiecību, izdala šos vienādojumus vienu ar otru un, ņemot vērā, ka pieliktais spriegums, sildīšanas laiks un svina masa abos gadījumos ir vienādi, iegūst:

$$\frac{I_c}{I_{šķ}} = \frac{c_c \Delta T_c}{c_{šķ} \Delta T_{šķ}}$$

no kurienes

$$\frac{c_c}{c_{šķ}} = \frac{I_c \Delta T_{šķ}}{I_{šķ} \Delta T_c} = \frac{12{,}5}{6{,}6} \cdot \frac{355 - 327}{327 - 277} = \mathbf{1{,}06}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā elektrība un siltuma procesi:

- Oma likums (B un C jautājumi), pretestība (B, C), elektriskās strāvas darbs un jauda (D), blīvums (C);
- siltuma daudzums, kas nepieciešams vielu sildot (D), enerģijas nezūdamības likums (D).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- nolasīt datus no grafika (A, C, D);
- pārveidot mērvienības (B);
- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (B);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (C, D);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (C, D);
- veikt aprēķinus (B, C, D).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt, veikt vienkāršu darbību – A jautājums;
- aprakstīt, veikt darbību pēc algoritma, kombinēt – B jautājums;
- salīdzināt, izskaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – C un D jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par Oma likumu lietojumu elektriskās ķēdes posmam, pretestības atkarību no elektrības vadītāja vielas īpatnējās pretestības, šķērsgriezuma laukuma un vadītāja garuma, siltuma procesiem un enerģijas nezūdamības likumu. Skolēnam jāprot nolasīt datus no grafika, pārveidot mērvienības, saskatīt lielumus, kuri pētāmajos procesos neatšķiras, salīdzināt cieta un šķidra svina blīvumus, kā arī – cieta un šķidra svina siltumietilpības; izvēlēties atbilstošas sakarības fizikālo procesu aprakstam un veikt aprēķinus.

V2017-9-D. SVECES UN GRAVITĀCIJA

A

A1 Uzvedinoši jautājumi:

– Vai ieraudzīji, kura svece nodzisa pirmā?
– Kāds ir sveču nodzišanas cēlonis, kurš abām svecēm ir kopīgs?
– Kā mainās tā gaisa temperatūra, kuru izmanto degšanai?
– Kur sakrājas degšanai izmantotais gaiss?

Pirmā nodziest **garākā svece**. Abu sveču nodzišanas cēlonis ir skābekļa daudzuma samazināšanās gaisā burkas iekšienē. Degšanā izmantotais gaiss sasilst, tāpēc kļūst vieglāks. Arhimēda cēlējspēks sasilušajam gaisam kļūst lielāks par gravitācijas spēku. Tāpēc izmantotais gaiss ar zemāku skābekļa saturu vispirms sakrājas burkas augšpusē. Tur atrodas garākās sveces liesma. **Tai** pirmajai **pietrūkst skābekļa**.

A2 Uzvedinoši jautājumi:
– Vai salīdzināšanā jāietver visu veidu gaisa molekulas?
– Kuras gaisa molekulas degšanai ir nepieciešamas?
– Ar kādām molekulām tās tiek aizstātas degot? Vai tās ir vieglākas, vai smagākas?
– Kāpēc pirmā nodziest garākā svece?

Degšanai nepieciešams skābeklis. Sadegot veidojas **ogļskābā gāze**, kuras **molekulām masa ir lielāka, nekā skābeklim**. Tomēr vidējo izdegušā gaisa molekulu masu tas palielina mazāk. Noteicošā šajā eksperimentā ir degšanā izlietotā gaisa paaugstinātā temperatūra, kas šī gaisa blīvumu samazina daudz vairāk, nekā molekulu masa palielina. Tāpēc izdegušais gaiss ceļas augšup. Tā vietu ieņem vēsākais svaigais gaiss, kura tāpēc īsākajai svecei pietiek ilgāku laiku, nekā garākajai. Šādu siltuma pārnesi kopā ar vielas masu sauc par **konvekciju**.

B

B1 Uzvedinoši jautājumi:
– Vai caurulē siltais gaiss neceļas augšup?
– Kas konvekcijas kontekstā atšķir šādu cauruli no burkas?
– Vai svaigais gaiss tiek caurulē līdz lejai, ja tā kustību īpaši neorganizējam? Kāpēc?

Uzliekot **svece**i cauruli, tā **drīz nodziest**. Gaiss gan ap liesmu un virs tās uzsilst, tomēr tā apmainīšanās pret svaigu gaisu ir apgrūtināta. Caurule ir šaurāka un garāka par burku. Tādēļ **konvekcija notiek tikai caurules augšgalā**, kur svaigais gaiss ātri sajaucas ar izlietoto un līdz lejai netiek, jo maisījums kļūst arvien siltāks, un tā blīvums mazāks.

B2 Uzvedinoši jautājumi:
– Vai starpsienas klātbūtne maina gaisa īpašības, vai vismaz uzvedību?
– Vai starpsiena kalpo tikai kā robeža, kuru nav iespējams pārkāpt?
– Vai tiešām aizliegumi var dot brīvību (vismaz gaisa plūsmai)?
– Vai starpsienas ieviestā kārtība caurulē saglabājas arī pēc tās izņemšanas?

Uzliekot svecei cauruli ar starpsienu, **svece nenodziest** un turpina degt līdz pilnai izdegšanai. Taču, **tiklīdz starpsienu izņem**, tā **svece drīz nodziest**.

B3 Uzvedinoši jautājumi:
– Kādu iespēju dod sajaukšanās aizliegums? Vai citādi nav iespējama "kaimiņu" mierīga līdzāspastāvēšana, nesajaucoties savā starpā? Vai to lomas nosaka viņi paši, vai kāds ārējs nepārvarams spēks, vai vienkārši viss iet kā nu iet, kā jau parasti?

Sadalot cauruli gareniski divās daļās, **rodas iespēja karstajam gaisam pa vienu pusi celties augšup un aukstajam pa otru laisties lejup, tiem nesajaucoties** savā starpā. Svaigais gaiss tā var sasniegt sveci, lai tā nenodzistu.

Lomu sadalīšana starp caurules pusēm notiek pašā pirmajā brīdī, uzliekot pārdalīto cauruli svecei. To var izšķirt sveces dakts atrašanās tuvāk kādai no malām vai iepriekšēja noliekšanās uz to pusi. Taču pat, ja dakts novietota ideāli centrā, lomas sadalās tik un tā. Šādā situācijā to nosaka gadījuma procesi. Piemēram, caurules uzlikšanas brīdī kāda niecīga vēja pūsma var novirzīt sveces liesmu nedaudz sānis. Vai, sākot izdegušajam gaisam celties augšup, nedaudz vairāk tas trāpa vienā no nodalījumiem. Ja **lomas sadalījis gadījums, atkārtojot eksperimentu, tās katrreiz pārdalās no jauna**.

B4 Uzvedinoši jautājumi:

– Vai ir kāds prioritārs virziens, kurā liesma varētu izstiepties vai radīt gaisa plūsmu?

– Vai kosmosa kuģī orbītā ap Zemi nav smaguma spēka, vai arī tas ir kompensēts? Kas varētu būt to kompensējis?

Ja nav gravitācijas lauka iedarbības, nav arī Arhimēda spēka, jo spiediens visur ir vienāds. Tādēļ **nerodas** arī **konvekcija**, kas sveces liesmu izstieptu virzienā uz augšu (nav arī paša virziena). Tāpēc liesma tiecas ieņemt sfērisku formu, ko nedaudz traucē pašas sveces esamība blakus. **Liesma** drīz **izmanto** sev apkārt esošās **skābekļa rezerves**. Skābekļa saturam, samazinoties zem kritiskās robežas, liesma nodziest.

Skaidrojums par uzdevumu:

Demonstrējuma skaidrošanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Vielas masa, tilpums un blīvums.
- Ķermeņu mijiedarbība un spēki – smaguma spēks, svars, Arhimēda spēks. Spēku saskaitīšana, ja tie darbojas pa vienu taisni. Spiediens šķidrumos un gāzēs. Ķermeņa peldēšanas nosacījumi.

Demonstrējuma skaidrošanai skolēnam jāprot:

- novērot, prognozēt, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Demonstrējuma skaidrošanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista – B2 jautājums;
- izvērtē, prognozē, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē (paplašināta abstrakcija) – A1, A2, B1, B3, B4 jautājums.

V2017-9-E. ĪPATNĒJĀS SILTUMIETILPĪBAS NOTEIKŠANA

Darba uzdevumi

1. Iegūtā īpatnējās siltumietilpības vērtība ir atkarīga no nezināmā ķermeņa materiāla. Konkrētās skaitliskās vērtības tiek precizētas darbu labošanas procesā.

2. Pētāmais materiāls tiek lielā traukā ar karstu ūdeni, kur tas tiek turēts pietiekami ilgi, lai iegūtu stacionāru temperatūru. Tad tas tiek pārvietots traukā ar ūdeni istabas temperatūrā (vai tuvu tai) un tiek novērota temperatūras celšanās. **[1 p]**

Iespējams ir arī otrādāks process, kurā ir liels daudzums ūdens istabas temperatūrā, bet mazs daudzums karsta ūdens, kurā ieliek līdz istabas temperatūrai sasilušu priekšmetu. Šāds uzstādījums ir sliktāks, jo karsts ūdens daudz ātrāk zaudē siltumu apkārtējā vidē. **[0,5 p no 1 p]**

Tiek uzrakstīts siltums, kuru zaudē ūdens

$$Q_1 = c_{H_2O} \cdot m_{H_2O} \cdot \left(T_{karstam} - T_{rezultējošais}\right)$$

$$Q_2 = c_x \cdot m_x \cdot \left(T_{rezultējošais} - T_{istabas}\right)$$

Būtībā šie siltumi ir ar pretējām zīmēm, jo viens saņem siltumu, bet otrs atdod. Šeit gan galvenais ir būtību saprast, ka tie ir vienādi pēc moduļa un var rakstīt, ka:

$$Q_1 = c_{H_2O} \cdot m_{H_2O} \cdot \left(T_{karstam} - T_{rezultējošais}\right) = Q_2 = c_x \cdot m_x \cdot \left(T_{rezultējošais} - T_{istabas}\right)$$

$$c_x = \frac{c_{H_2O} \cdot m_{H_2O} \cdot \left(T_{karstam} - T_{rezultējošais}\right)}{m_x \cdot \left(T_{rezultējošais} - T_{istabas}\right)}$$

Ja formula iegūta citā veidā, tad jāvērtē izvedums – ja tas ir korekts, tad piešķir maksimālos punktus par uzdevumu. **[3 p]**

3. Galvenie kļūdu cēloņi ir:

a. Siltuma zudumi apkārtējā vidē (konvektīvā dzesēšana, radiācija, iztvaikošana) – galvenais mehānisms ir konvektīvā dzesēšana.
b. Priekšmets ir slapjš, kad to izņem no karstā ūdens un tam ir klāt karsta ūdens pilieni, kuri, kā vēlāk redzams no rezultātiem, ir ar lielāku siltumietilpību.

4. Viens no variantiem: Jāizveido grafiks, kur attēlota temperatūru starpība atkarībā no temperatūru starpības.

Jāpasaka, ka $y = k \cdot x$, kur y ir viena temperatūru starpība, x – otra temperatūru starpība un *k* ir slīpuma koeficients, kur $k = c_x \cdot const$. Ja *const* nebūs konstante, tad grafikam nav jēgas (lietojot pieņēmumu, ka *c* nav atkarīgs no temperatūras).

Skaidrojums par uzdevumu:

Eksperimentālā uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Vielas masa, tilpums.
- Siltumapmaiņas procesi. Siltuma daudzums. Temperatūra. Vielas īpatnējā siltumietilpība.

Eksperimentālā uzdevumā skolēnam jāprot:

- Plānot eksperimentu, eksperimentēt, novērot, mērīt, prognozēt, noteikt lielumus, iegūt datus, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- Salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, pielieto.
- Izvērtē, prognozē, iztēlojas.

V2017-10-1. RIEPAS PIEPUMPĒŠANA

A Spiediens, ko rada automašīna, ir $p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}$, no kurienes var izteikt vienas riepas kontaktvirsmas laukumu:

$$S_1 = \frac{F_1}{4p_1} = \frac{m_1 g}{4p_1} = \frac{1500 \cdot 9{,}8}{4 \cdot 2 \cdot 101000} = \mathbf{0{,}0182\ m^2}$$

B Spriedums tāds pats, kā A jautājumā, ir tikai cita slodzes vērtība:

$$S_2 = \frac{F_2}{4p_1} = \frac{m_2 g}{4p_1} = \frac{2000 \cdot 9{,}8}{4 \cdot 2 \cdot 101000} = \mathbf{0{,}0243\ m^2}$$

C Spriedums tāds pats, kā A jautājumā, ir tikai cita slodzes vērtība un cita spiediena vērtība:

$$S_{max} = \frac{F_2}{4p_2} = \frac{m_2 g}{4p_2} = \frac{2000 \cdot 9{,}8}{4 \cdot 2{,}7 \cdot 101000} = \mathbf{0{,}0180\ m^2}$$

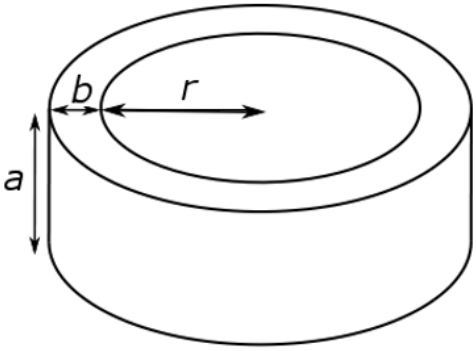
D $V_1 = S_{sānu} a = (\pi(r+b)^2 - \pi r^2)a = \pi a(r^2 + 2rb + b^2 - r^2) = \pi a(2br + b^2) =$
$= 3{,}14 \cdot 0{,}2 \cdot (2 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}41 + 0{,}1^2) = \mathbf{0{,}0578\ m^3}$

E **Uzvedinoši jautājumi:**

– No kādiem lielumiem ir atkarīgs riepas tilpums?

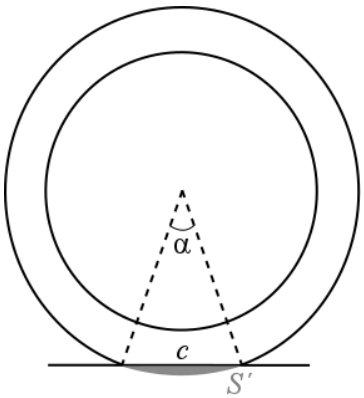
– Kā mainās riepas tilpums, ja riepa kontakta vietā deformējas?

– Kā ar ģeometrijas sakarību palīdzību noteikt sānu virsmas izmaiņu, kas rodas deformācijas laikā?



Apskatīsim riepu, kas nolikta uz sāniem (skat. 294. att.). Lai noteiktu riepas tilpumu, ir jāzina riepas sānu laukums $S_{sānu}$ un riepas platums a.

Ja automašīna stāv uz zemes, tad riepa deformējas un izveidojas taisnstūrveida kontaktvirsma, līdz ar to sānu virsmas laukums samazinās. Kontaktvirsmas garumu apzīmēsim ar c un sānu virsmas laukumu, kas tiek nošķelts no riņķa ar $S`$ (skat. 295. att.).



295. att.

Noteiksim sānu virsmas laukumu S`, kas tiek nošķelts no riņķa.

$S` = S_{sekt} - S_{\Delta}$

Riņķa sektora laukums:

$$S_{sekt} = \frac{\pi R^2 \alpha}{2\pi} = \frac{\pi(r+b)^2 \alpha}{2\pi} = \frac{(r+b)^2 \alpha}{2}$$

kur α – centra leņķis, kuru var noteikt no trijstūra, kura pamatu veido kontaktvirsmas garums *c* (skat. 295. att.)

$$sin\frac{\alpha}{2}=\frac{c}{2R}=\frac{c}{2(r+b)} \quad \Rightarrow \quad \frac{\alpha}{2}=arcsin\frac{c}{2(r+b)} \quad \Rightarrow \quad \alpha=2arcsin\frac{c}{2(r+b)}$$

Kontaktvirsmas laukums $S = ca$, no kurienes

$$c=\frac{S}{a}=\frac{F_1}{4p_2a}=\frac{m_1g}{4p_2a}=\frac{1500\cdot 9{,}8}{4\cdot 2{,}7\cdot 101000\cdot 0{,}2}=0{,}067 \text{ m}$$

Centra leņķis α

$$\alpha=2arcsin\frac{c}{2(r+b)}=2arcsin\frac{0{,}067}{2\cdot(0{,}41+0{,}10)}=0{,}130 \text{ rad} = 7{,}45^0$$

Trijstūra laukums: $S_\Delta=\frac{1}{2}(r+b)^2sin\alpha$

Sānu virsmas laukums, kas nošķelts no riņķa $S`$:

$$S`=S_{sekt}-S_\Delta=\frac{(r+b)^2\alpha}{2}-\frac{(r+b)^2sin\alpha}{2}=\frac{(\alpha-sin\alpha)(r+b)^2}{2}=$$
$$=\frac{(0{,}130-sin7{,}45^0)(0{,}41-0{,}10)^2}{2}=4{,}81\cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

Riepas tilpums:

$$V_2=\left(S_{sānu}-S`\right)a=\left(\pi(r+b)^2-\pi r^2-S`\right)a=$$
$$=(3{,}14\cdot(0{,}41+0{,}10)^2-3{,}14\cdot 0{,}41^2-4{,}81\cdot 10^{-5})\cdot 0{,}2=\mathbf{0{,}05776\ m^2}\approx\mathbf{0{,}0578\ m^2}$$

F Uzvedinoši jautājumi:

– Kā nemainīgā temperatūrā nemainīga gaisa daudzuma spiediens riepā ir saistīts ar tilpumu? Kādas formas grafiku veido šī spiediena un tilpuma sakarība?

– Kādi ārējie faktori ietekmē automašīnas riepas deformāciju?

– Kā aprēķināt riepas tilpuma vērtības atšķirīgām spiediena vērtībām, kamēr automašīna vēl nav nolīdzsvarojusies?

– Kā var raksturot spiedienu un tilpumu riepā, kad automašīna pēc masas palielināšanas būs nolīdzsvarojusies?

Ja automašīnas masa m_1 = 1500 kg un zinot, ka pie riepā iepumpētā gaisa spiediena $p = p_2$ = 2,7 atm, tilpums ir vienāds ar V_2 = 0,0578 m^2, var iegūt, kā gaisa spiediens riepā ir saistīts ar tilpumu nemainīgā temperatūrā:

$$pV=2{,}7\cdot 101000\cdot 0{,}0578\approx 15760$$
$$V=\frac{15760}{p}$$

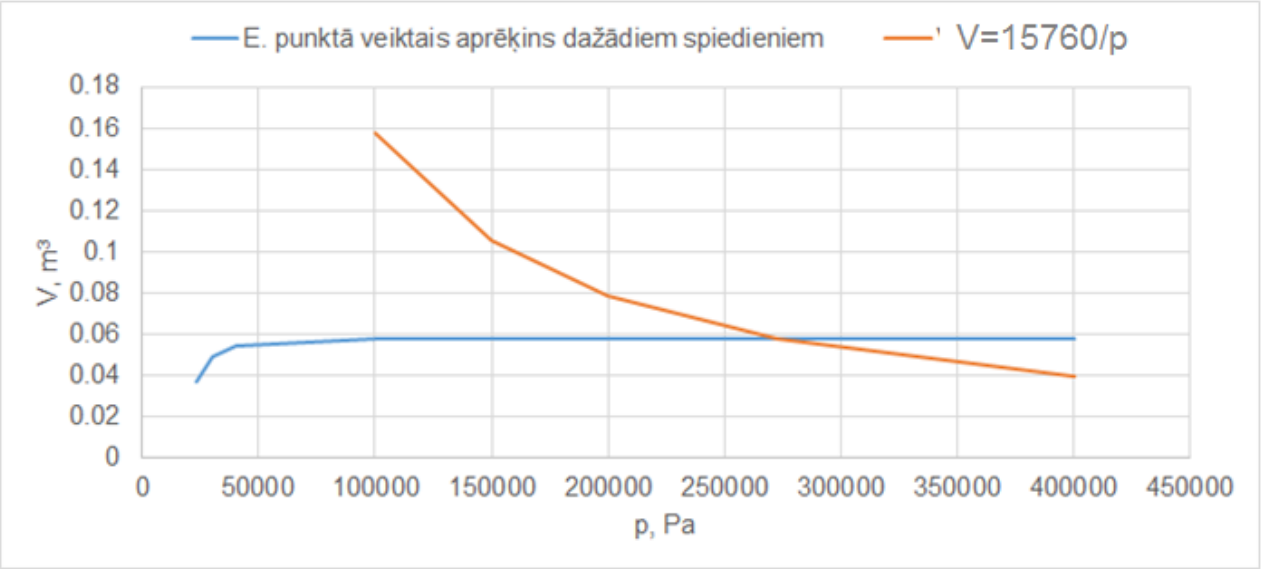
Šo hiperbolu var attēlot grafikā (skat. 296. att. oranžā līkne).

Ja automašīnas masu palielina līdz m_2 = 2000 kg, tad līkni, kas raksturo, kā mainoties spiedienam mainās tilpums, kad riepa ir vairāk vai mazāk deformēta, var iegūt, atkārtojot E jautājumā veikto aprēķinu dažādām spiediena vērtībām (zilā līkne). Pēc zilās līknes formas varam secināt, ka riepas

tilpums, palielinoties spiedienam sasniedz kādu nemainīgu vērtību, t. i. riepa nevar bezgalīgi izstiepties, to nosaka riepas materiāla īpašības.

Kad automašīna būs nolīdzsvarojusies, t. i. automašīnas riepās būs optimālais spiediens un riepa būs atbilstoši automašīnas svaram deformējusies un formu vairs nemainīs, tad gaisa spiediens riepā būs apgriezti proporcionāls tilpumam un $pV \approx 15760$ (spiediena un tilpuma vērtībām jāatbilst kādam punktam uz oranžās līknes).

Abu līkņu krustpunkts ir tādas spiediena un tilpuma vērtības, kas atbilst – gan nosacījumam pV = const, gan riepas ģeometriskajiem nosacījumiem līdzsvara stāvoklī, ja automašīnas masa m = 2000 kg (skat E jautājuma risinājumu).



296. att.

Atbilde: $p_3 \approx$ **270 000 Pa**, $V_3 \approx$ **0,058 m³**

G Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels ir ieteiktais vienas riepas kontaktvirsmas laukums pie lielas slodzes un paaugstināta spiediena?

– Cik liels ir vienas riepas kontaktvirsmas laukums, ja vispirms piepumpē riepas līdz 2,7 atmosfērām, un tad uzliek slodzi?

– Cik liela ir riepas kontaktvirsmu laukumu starpība salīdzinot augstāk minētās situācijas? Vai tā pārsniedz ± 5%?

Vienas riepas ieteiktais kontaktvirsmas laukums pie lielas slodzes un paaugstināta spiediena:

$$S_{max} = \frac{F_2}{4p_2} = \frac{m_2 g}{4p_2} = \frac{2000 \cdot 9{,}8}{4 \cdot 2{,}7 \cdot 101000} = \mathbf{0{,}0180\ m^2}$$

(skat. C jautājuma risinājumu)

Lietojot aprēķinos spiediena vērtību, kas nolasīta no grafika (atbilst līdzsvara situācijai pēc slodzes palielināšanas), iegūst:

$$S_3 = \frac{F_2}{4p_3} = \frac{m_2 g}{4p_3} = \frac{2000 \cdot 9{,}8}{4 \cdot 270000} = 0{,}0181\ \text{m}^2$$

Atšķirība:

$$\frac{|S_3 - S_{max}|}{S_{max}} = \frac{0{,}0001}{0{,}0180} = 0{,}0055 = 0{,}6\ \%$$

Tātad atšķirība no ieteiktā kontaktvirsmas laukuma ir mazāka par 5%.

Atbilde: **jā, var braukt**.

H Spiediens, ko rada automašīna ir $p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}$ jeb $pS = mg$

Automašīnas smaguma spēks abās situācijās nemainās:

$$p_1 S_1 = p_4 S_4$$

Dubļainā ceļā optimālais riepas kontaktvirsmas laukums ir 3 reizes lielāks par ražotāja ieteikto standarta vērtību: $S_4 = 3S_1$

$$p_4 = \frac{p_1 S_1}{S_4} = \frac{p_1 S_1}{3S_1} = \frac{p_1}{3} = \frac{2 \cdot 101000}{3} = \mathbf{67300\ Pa}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos spēki un gāzu likumu, kā arī ģeometrijas zināšanas par laukuma un tilpuma aprēķiniem:

- smaguma spēks (A, B, C, G un H jautājumi), spiediens (A, B, C, G un H jautājumi);
- gāzes stāvokļa vienādojums izotermiskā procesā (F jautājums);
- gredzena tilpums (D, E un F jautājums), laukums – trijstūrim, riņķim un sektoram (E un F jautājums), centra leņķis (E un F jautājums), starpības novērtējums procentos (G jautājums).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- pārveidot mērvienības (visos jautājumos);
- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (visos jautājumos);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (A, E, F, G, H);
- veikt matemātiskās darbības ar trigonometriskām funkcijām (E, F);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (E, F);
- lietot grafisko informāciju fizikālo procesu un likumsakarību attēlošanā (F);
- interpretēt informāciju no grafika (F);
- veikt aprēķinus (visos jautājumos).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- aprakstīt, veikt darbību pēc algoritma, kombinēt – A, B, C, D un F jautājums;
- salīdzināt, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – G jautājums;
- izvērtēt, vispārināt, radīt, teoretizēt – E un F jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par automašīnas smaguma spēka radīto spiedienu uz virsmu un spiedienu riepās. Skolēnam jāprot pārveidot mērvienības, analizēt un aprakstīt spiedienu uz virsmu un spiedienu riepā, kā arī sasaistīt to ar riepas tilpumu konkrētos apstākļos, kā arī konstruēt grafiku, kas saista spiedienu riepā un riepas tilpumu. Skolēniem jāprot izvēlēties atbilstošas sakarības fizikālo procesu aprakstam un veikt aprēķinus.

V2017-10-2. SIERA RIPOŠANA NO KALNA

A Siera blīvums $\rho = \frac{m}{V}$, kur tilpumu *V* cilindram aprēķina kā $V = \pi R^2 d$.

$$\rho = \frac{m}{\pi R^2 d} = \frac{3{,}5}{3{,}14 \cdot 0{,}11^2 \cdot 0{,}08} = \mathbf{1151\ kg/m^3}$$

B No ģeometriskiem apsvērumiem $tg\alpha = \frac{h}{b}$ un $cos\alpha = \frac{b}{L}$, tāpēc $h = b \cdot tg\alpha$ = **107,3 m**, savukārt, kalna slīpās daļas garums $L = \frac{b}{cos\alpha} = 140$ m.

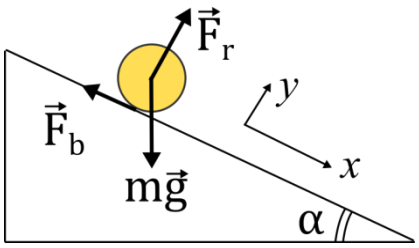
Apgriezienu skaits: ir jānoskaidro, cik siera rituļa apkārtmēri ietilpst kalna slīpās daļas garumā:

$$N = \frac{L}{2\pi R} = \mathbf{202{,}7}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki piešķir paātrinājumu siera ritulim kustībā lejup pa slīpo plakni?
– Kāds spēks rada spēka momentu siera rituļa rotācijas kustībā?
– No kādiem lielumiem ir atkarīgs cilindra inerces moments tam rotējot ap simetrijas asi?
– Kā rotācijas kustībā ir saistīts lineārais un leņķiskais ātrums?
– Kā rotācijas kustībā ir saistīts lineārais un leņķiskais paātrinājums?

Izvēlamies atskaites sistēmu attiecībā pret slīpo plakni: x – ass siera rituļa kustības virzienā, y – ass perpendikulāri slīpās plaknes virsmai (297. att.).



297. att.

Paātrinājumu siera ritulim piešķir smaguma spēka un berzes spēka starpība (jeb vektoriālā summa). Ņūtona 2. likums x ass virzienā ir

$$ma = mgsin\alpha - F_b.$$

Rotāciju ir ērti apskatīt attiecībā pret siera masas centru (simetrijas asi) – šajā gadījumā spēka momentu rada tikai berzes spēks (skat. 297. att.).

$M = I\varepsilon = F_b R$, kur $I = \frac{mR^2}{2}$ ir cilindra inerces moments.

Siers ripo bez slīdēšanas, tātad sakarības starp lineāro un leņķisko ātrumu un paātrinājumu: $v = \omega R$ un $a = \varepsilon R$, no kurienes $\varepsilon = \frac{a}{R}$

Rezultātā

$$F_b = \frac{I\varepsilon}{R} = \frac{Ia}{R^2} = \frac{mR^2 a}{2R^2} = \frac{1}{2}ma = \frac{1}{2}(masin\alpha - F_b)$$

no kurienes $F_b = \frac{1}{3}mgsin\alpha = \frac{1}{3} \cdot 3{,}5 \cdot 9{,}8 \cdot \sin 50^0 =$ **8,76 N**

D Uzvedinošs jautājums:

– Kā pārvietojas siera kontaktpunkts attiecībā pret slīpo plakni, ja siers ripo bez slīdēšanas?

Berzes spēka darbs ir **0 J**, jo siera kontaktpunkts nepārvietojas (neslīd) attiecībā pret slīpo plakni. Katrā laika momentā slīpā plakne ir kontaktā ar citu siera virsmas punktu.

E Uzvedinoši jautājumi:
– Kur paliek siera rituļa potenciālā enerģija, tam ripojot no kalna?
– No kādiem lielumiem ir atkarīgs cilindra inerces moments tam rotējot ap simetrijas asi?

Potenciālā enerģija pāriet translācijas un rotācijas kinētiskajā enerģijā:

$$mgh = \frac{m\mathrm{v}^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

kur cilindra inerces moments

$$I = \frac{mR^2}{2}$$

un leņķiskais ātrums

$$\omega = \frac{\mathrm{v}}{R}$$

Siera rituļa kustības beigu ātrumu kalna pakājē izsaka no enerģijas nezūdamības likuma:

$$mgh = \frac{m\mathrm{v}^2}{2} + \frac{mR^2\mathrm{v}^2}{2 \cdot 2R^2}$$

$$gh = \frac{\mathrm{v}^2}{2} + \frac{\mathrm{v}^2}{4} = \frac{3}{4}\mathrm{v}^2$$

$$\mathrm{v} = \sqrt{\frac{4}{3}gh} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot 9{,}8 \cdot 107{,}3} = \mathbf{37{,}4\ m/s}$$

F Uzvedinoši jautājumi:
– Kāda ir siera rituļa kustība, ja to palaiž ripot pa kalnu lejup bez sākuma ātruma?
– No kādiem lielumiem ir atkarīgs veiktais attālums paātrinātā kustībā?
– Kādi spēki piešķir paātrinājumu siera ritulim kustībā lejup pa slīpo plakni?
– Kāds spēks rada spēka momentu siera rituļa rotācijas kustībā?

Aprēķinos izmanto C jautājumā iegūto berzes spēka izteiksmi.

Siera ritulis tiek palaists ripot pa slīpo plakni bez sākuma ātruma, tātad attālums, ko siera ritulis veic paātrinātā kustībā

$$\Delta L = \frac{a\Delta t^2}{2}$$

Paātrinājumu siera ritulim piešķir smaguma spēka un berzes spēka starpība (jeb vektoriālā summa). Ņūtona 2. likums x ass virzienā ir

$$ma = mg\sin\alpha - F_b$$

kur berzes spēku var noteikt apskatot rotāciju attiecībā pret siera rituļa simetrijas asi. Šajā situācijā rotācijas kustībā vienīgais spēks, kas rada momentu ir berzes spēks (skat C jautājuma risinājumu).

$$F_b = \frac{1}{3}mg\sin\alpha$$

Līdz ar to paātrinājums:

$$ma = mgsin\alpha - F_b = \frac{2}{3}mgsin\alpha$$

$$a = \frac{2}{3}gsin\alpha = \frac{2}{3}\cdot 9{,}8 \cdot sin50^0 = 5{,}00\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Veiktais attālums

$$\Delta L = \frac{a\Delta t^2}{2} = \frac{5 \cdot 1^2}{2} = \mathbf{2{,}50\ m}$$

G *Aprēķinos izmanto F jautājumā iegūto paātrinājuma vērtību.*

Zinot paātrinājumu

$$a = 5{,}00\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Attālums, ko siera ritulis veic, noripojot no kalna augšas līdz kalna apakšai ir vienāds ar slīpās plaknes garumu *L* = 140 m (skat B jautājuma risinājumu).

$$L = \frac{at^2}{2}$$

un laiks, kurā siera ritulis noripo no kalna

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot L}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 140}{5}} = \mathbf{7{,}48\ s}$$

H Uzvedinoši jautājumi:

– Kādas ir pieļaujamās berzes spēka vērtības? Kas to nosaka?

Aprēķinos izmanto C jautājumā iegūto berzes spēka izteiksmi.

Berzes spēks nevar būt patvaļīgi liels:

$$F_b \leq \mu F_r$$

kur reakcijas spēku F_r iespējams aprēķināt no spēku līdzsvara y ass virzienā: $F_r = mgcos\alpha$ (skat. 297. att.).

Tādējādi, minimālā berzes koeficienta vērtība ir

$$\mu = \frac{F_b}{F_r} = \frac{\frac{1}{3}mgsin\alpha}{mgcos\alpha} = \frac{1}{3}tg\alpha = \frac{1}{3}tg50^0 = \mathbf{0{,}40}$$

I Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liela masa ir caurajam siera ritulim?

– No kādiem lielumiem ir atkarīgs cilindra inerces moments tam rotējot ap simetrijas asi?

– Cik liela ir siera masa, ko peles apēda?

– Cik liels ir nesagrauzta siera rituļa inerces moments?

– Cik liels inerces moments būtu peles izgrauztajam caurumam, ja tas būtu aizpildīts ar sieru?

– Kur paliek siera rituļa potenciālā enerģija, tam ripojot no kalna?

– Kurā gadījumā ātrums siera ritulim, noripojot no kalna, būs lielāks kalna pakājē – veselam siera ritulim vai ritulim ar peļu izgrauzto caurumu?

Aprēķinos izmanto B jautājumā iegūto slīpās plaknes augstuma vērtību.

Sagrauztā siera rituļa masa ir

$$m_s = \rho\pi(R^2 - r^2)d = \mathbf{1{,}65\ kg}$$

Atceroties inerces momenta definīciju

$$I = \sum \Delta m_i r_i^2$$

var secināt, ka vesela siera gabala inerces moments I_0 ir vienāds ar meklējamā sagrauztā gabala inerces momenta I_s un cauruma, kas aizpildīts ar sieru, inerces momenta I_c summu. No tā seko, ka $I_s = I_0 - I_c$, kur

$$I_0 = \frac{mR^2}{2} \text{ un } I_c = \frac{m_c r^2}{2}$$

Siera masa, ko nograuza peles, izveidojot caurumu $m_c = \rho\pi r^2 d$. Ievietojot skaitliskās vērtības, iegūst

$$I_0 = \frac{mR^2}{2} = \frac{3{,}5 \cdot 0{,}11^2}{2} = 0{,}021\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$$

$$I_c = \frac{m_c r^2}{2} = \frac{1{,}65 \cdot 0{,}08^2}{2} = 0{,}006\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$$

$$I_s = I_0 - I_c = 0{,}021 - 0{,}006 = \mathbf{0{,}015\ kg\cdot m^2}$$

Potenciālā enerģija pāriet translācijas un rotācijas kinētiskajā enerģijā: (skat risinājumu E jautājumā)

$$m_s g h = \frac{m_s \mathrm{v}^2}{2} + \frac{I_s \omega^2}{2}$$

Siera rituļa kustības beigu ātrumu kalna pakājē izsaka no enerģijas nezūdamības likuma, ņemot vērā, ka

$$\omega = \frac{\mathrm{v}}{R}$$

$$m_s g h = \frac{m_s \mathrm{v}^2}{2} + \frac{I_s \mathrm{v}^2}{2R^2}$$

$$\mathrm{v}^2 \left(\frac{m_s}{2} + \frac{I_s}{2R^2}\right) = m_s g h$$

kur slīpās plaknes augstums h = 107,3 m (skat. B jautājuma risinājumu).

$$\mathrm{v} = \sqrt{\frac{m_s g h}{\frac{m_s}{2} + \frac{I_s}{2R^2}}} = \sqrt{\frac{1{,}65 \cdot 9{,}8 \cdot 107{,}3}{\frac{1{,}65}{2} + \frac{0{,}015}{2 \cdot 0{,}11^2}}} = \mathbf{34{,}5\ \frac{m}{s^2}}$$

Izgrauztā siera rituļa ātrums kalna pakājē ir mazāks nekā veselam siera ritulim, jo šajā gadījumā masa ir koncentrēta tālāk no rotācijas ass, un inerces moments spēlē lielāku lomu.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos par ķermeņa kustību uz slīpās plaknes, spēkiem, rotācijas kustību, vienmērīgi paātrinātu kustību un inerces momentiem:

- Ņūtona II likums (C un F jautājumi), blīvums (A), mehāniskais darbs (D), kinētiskā enerģija (E, I), potenciālā enerģija (E, I), enerģijas nezūdamības likums (E, I), rotācijas kustības enerģija (E, I),

berzes spēks (C, F, H), virsmas reakcijas spēks (H), smaguma spēks (C, F, H), spēka moments rotācijas kustībā (C), inerces moments (C, E, I);
- leņķiskais ātrums (C, E, I), leņķiskais paātrinājums (C), attālums vienmērīgi paātrinātā kustībā (F, G);
- cilindra tilpums (A), trigonometriskās sakarības taisnleņķa trijstūrī (B), riņķa līnijas garums (B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.
- pārveidot mērvienības (A, B, C, I);
- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (E, G, I);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (C, D, E, F, H, I);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (C, F);
- analizēt kustību, izmantojot spēku darbību (C, F, H);
- saskatīt situācijā enerģijas nezūdamības likumu (E, I);
- veikt aprēķinus (A, B, C, E, F, G, H, I).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- identificēt, veikt vienkāršu darbību – G jautājums;
- aprakstīt, veikt darbību pēc algoritma, kombinēt vairākus atsevišķus elementus – A, B un F jautājums;
- salīdzināt, izskaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – C, D, E un H jautājums;
- izvērtēt, vispārināt, radīt – I jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par ķermeņa kustību uz slīpās plaknes – par spēkiem, kas darbojas uz ķermeni, jāsaskata enerģijas nezūdamības likums aplūkotajā situācijā un jāprot aprakstīt kustību ar kustības raksturlielumiem. Lai varētu atrisināt uzdevumu, skolēnam jāizmanto zināšanas ārpus skolas fizikas esošā pamatkursa – jāzina, kā nosaka leņķisko paātrinājumu, spēka momentu, kinētisko enerģiju un inerces momentu rotācijas kustībā. Skolēnam jāprot pārveidot mērvienības, analizēt kustību un spēkus, kas darbojas uz ķermeni, tam kustoties pa slīpo plakni, izvēlēties atbilstošas sakarības fizikālo procesu aprakstam un veikt aprēķinus.

V2017-10-3. PLUDIŅA DINAMIKA

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki darbojas uz pludiņu, kad tas atrodas miera stāvoklī?

– Kāds spēks piešķirs pludiņam paātrinājumu, ja pludiņu izvirzīs no līdzsvara stāvokļa?

– Kādu līdzību var saskatīt, salīdzinot izteiksmi, kas apraksta pludiņa kustību, kad tas ir izvirzīts no līdzsvara stāvokļa un vispārīgo mehānisko svārstību vienādojumu? Ar ko vienāda svārstību leņķiskā frekvence?

– Kā svārstību frekvence ir saistīta ar svārstību leņķisko frekvenci?

Uz pludiņu ūdenī darbojas divi spēki: Arhimēda spēks $\boldsymbol{F}_A$ un smaguma spēks $\boldsymbol{F}_g$. Miera stāvoklī tie ir līdzsvaroti (y_0 ir iegrimšanas dziļums miera stāvoklī, skaitot no cilindra apakšējās pamatnes; y ass vērsta pretēji $\boldsymbol{F}_g$):

$$F_A - F_g = 0$$

$$F_A - F_g = \rho_0 g V - mg = 0$$

$$F_A - F_g = \rho_0 g S y_0 - mg = 0$$

Izvirzot pludiņu no miera stāvokļa par attālumu Δy, kopspēks, kas uz to darbosies būs:

$$F_y = F_A - F_g = \rho_0 g S(y_0 - \Delta y) - mg = ma_y$$

$$\rho_0 g S y_0 - mg - \rho_0 g S \Delta y = ma_y$$

$$0 - \rho_0 g S \Delta y = ma_y$$

$$a_y + \frac{\rho_0 g S}{m}\Delta y = 0$$

Salīdzinot ar vispārīgo mehānisko svārstību vienādojumu:

$$a_y + \omega_0^2 \Delta y = 0$$

var redzēt, ka

$$\omega_o^2 = \frac{\rho_0 g S}{m}$$

no kurienes

$$\boldsymbol{f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\rho_0 g S}{m}}}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kādas enerģijas pārvērtības notiek pludiņa svārstību kustībā, kad zivs to ir izkustinājusi no miera stāvokļa?

– Kādu līdzību var saskatīt pludiņa svārstību kustībā un atsperes svārsta svārstību kustībā?

Izvedumos izmanto A jautājumā iegūto leņķiskās frekvences izteiksmi.

Zivs ir piešķīrusi pludiņam kinētisko enerģiju

$$E_{k,max} = \frac{m v_o^2}{2}$$

Tā kā pretestību var neievērot, enerģija svārstību laikā saglabājas, līdz ar to pie maksimālās novirzes potenciālā enerģija

$$E_{p,max} = E_{k,max} = \frac{m v_o^2}{2}$$

Potenciālās enerģijas atkarību no novirzes no miera stāvokļa var izvest dažādi, piemēram, pēc analoģijas ar atsperes svārstu, ņemot vērā, ka atsperes svārstam

$$\omega_o^2 = \frac{k}{m} \rightarrow \quad k = m\omega_o^2$$

un

$\omega_o^2 = \frac{\rho_0 g S}{m}$ (skat. izvedumu A jautājumā)

$$E_p = \frac{1}{2}k\Delta y^2 = \frac{1}{2}\omega_o^2 m \Delta y^2 = \frac{1}{2}\rho_0 g S \Delta y^2$$

Izmantojot enerģijas nezūdamības likumu, enerģija svārstību laikā saglabājas, t. i. $E_{p,\,max}(A) = E_{k,max}$, iegūst

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{1}{2}\rho_0 gSA^2$$

no kurienes var izteikt amplitūdu:

$$\boldsymbol{A = \sqrt{\frac{mv_0^2}{\rho_0 gS}}}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kā rimstošās svārstībās var aprakstīt novirzes no līdzsvara stāvokļa maiņu laikā?
– Cik liela ir amplitūdas skaitliskā vērtība?
– Cik liela ir svārstību frekvences skaitliskā vērtība?
– Cik liels ir svārstību periods?
– Kuros laika brīžos pludiņš ies cauri līdzsvara stāvoklim?
– Kā atrast rimstošo svārstību grafiku apliecošo līniju, ja zināms, ka divu pilnu svārstību laikā amplitūda samazinās trīs reizes?
– Kas jāņem vērā, konstruējot grafikā rimstošo svārstību amplitūdu?

Jāattēlo grafiski pludiņa novirze no miera stāvokļa $\Delta y(t)$.
Jāņem vērā, ka

- divu pilnu svārstību laikā amplitūda samazinās 3 reizes (ūdens pretestība tiek ņemta vērā);
- rimstošu svārstību vienādojums $\Delta y(t) = A \cdot e^{-\beta t} sin\omega t$, kur β – svārstību rimšanas koeficients;
- aprēķinam atbilstošo lielumu skaitliskās vērtības: amplitūda, frekvence, periods.

Amplitūda (skat. B jautājuma izvedumu)

$$A = \sqrt{\frac{mv_0^2}{\rho_0 gS}} = \sqrt{\frac{50 \cdot 50^2}{1 \cdot 980 \cdot 10}} = 3{,}57 \text{ cm}$$

Frekvence (skat. A jautājuma izvedumu)

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\rho_0 gS}{m}} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14}\sqrt{\frac{1 \cdot 980 \cdot 10}{50}} = 2{,}228 \text{ Hz}$$

Periods:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2{,}228} = 0{,}4488 \text{ s}$$

- Tā kā jāatliek grafikā 4 pilnas svārstības, tad var izrēķināt 'punktus' uz laika ass jeb laika momentus, kurā brīdī pludiņš ies cauri līdzsvara stāvoklim.

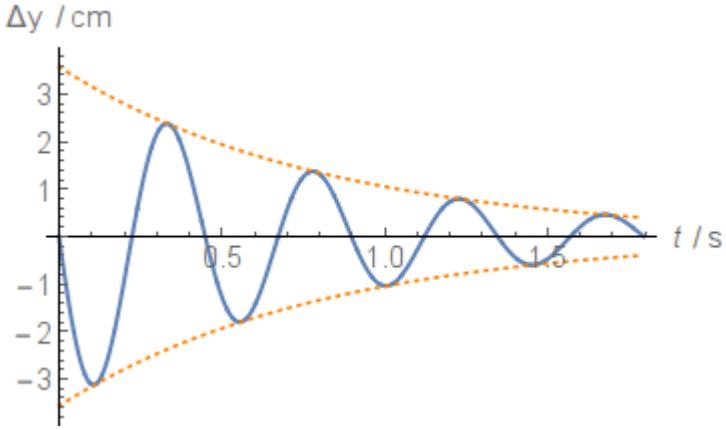
T, s	0	0,5*T*	*T*	1,5*T*	2*T*	2,5*T*	3*T*	3,5*T*	4*T*
t, s	0	0,23	0,45	0,68	0,90	1,13	1,35	1,58	1,80

- Zinot, ka divu pilnu svārstību laikā amplitūda samazinās trīs reizes, var atrast rimstošo svārstību grafiku apliecošo līniju, kura ir eksponenciāla rimstošu svārstību gadījumā.

t, s	0	2*T*	4*T*
Δ*y*, cm	A = 3,57	A/3 = 1,19	A/6 = 0,40

- Lai uzzīmētu grafiku:
  - jāizvēlas un jāatliek uz asīm atbilstošie fizikālie lielumi un to mērvienības, izvēloties atbilstošu mērogu;
  - jāuzzīmē rimstošo svārstību grafiku apliecošās līnijas (attēlā raustītās līnijas);
  - jāatliek grafikā uz laika ass 'punkti' jeb laika momenti, kuros pludiņš iet cauri līdzsvara stāvoklim;
  - jāzīmē caur atliktajiem punktiem rimstošu svārstību grafiks – atliekot atbilstošajās vietās rimstošo svārstību amplitūdu uz apliecošās līnijas. Novirze no līdzsvara stāvokļa sākumā ir negatīva, jo pēc uzdevuma nosacījumiem zivs parāva pludiņu vertikāli uz leju.

Grafiks (298. att.)



298. att.

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds ir viļņu izplatīšanās ātruma vienādojums vispārīgā formā? Ņem vērā fizikālos lielumus, no kā var būt atkarīgs viļņu izplatīšanās ātrums! Salīdzini ātruma un pārējo fizikālo lielumu dimensijas.

– Kādi fizikālie lielumi nosaka viļņa garumu? Kāda sakarība apraksta viļņa garumu vispārīgā formā? Ņem vērā viļņu izplatīšanās ātruma vienādojumu vispārīgā formā!

Uzrakstīsim viļņu izplatīšanas ātrumu vispārīgajā formā, izmantojot tos lielumus, kas ir norādīti formulējumā:

$$v = a\,\rho_0^X\, g^Y\, \lambda^Z$$

kur a ir bezdimensionālais reizinātājs, X, Y, Z ir racionāli skaitļi. Salīdzināsim izteiksmes kreisās un labās puses dimensijas:

$$[v] = [\rho_0]^X\,[g]^Y\,[\lambda]^Z$$

$$\mathrm{m\cdot s^{-1}} = (\mathrm{kg\cdot m^{-3}})^X\,(\mathrm{m\cdot s^{-2}})^Y\,\mathrm{m}^Z$$

$$\mathrm{m\cdot s^{-1}} = \mathrm{kg}^X\cdot \mathrm{m}^{-3X}\,\mathrm{m}^Y\cdot \mathrm{s}^{-2Y}\,\mathrm{m}^Z$$

$$\mathrm{m\cdot s^{-1}} = \mathrm{kg}^X\cdot \mathrm{m}^{-3X+Y+Z}\,\mathrm{s}^{-2Y}$$

Pielīdzinot pakāpes rādītājus pie pamatvienībām:

$$\mathrm{m}:\ 1 = -3X + Y + Z$$

$$\mathrm{kg}:\ 0 = X$$

$$\mathrm{s}:\ -1 = -2Y$$

no kurienes $X = 0$, $Y = ½$, $Z = ½$. Tātad gala izteiksme (ar precizitāti līdz bezdimensionālajam reizinātājam) ir

$$\mathbf{v} = \sqrt{g\lambda}$$

Piezīme: īstenībā izteiksme izskatās

$$\mathrm{v} = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$$

Zinot svārstību frekvenci un viļņu izplatīšanas ātrumu, var atrast arī viļņa garumu:

$$\lambda = \mathrm{v}T = 2\pi\frac{\mathrm{v}}{\omega_o} = 2\pi\sqrt{\frac{g\lambda m}{\rho_o g S}}$$

$$\lambda^2 = 4\pi^2\frac{\lambda m}{\rho_o S}$$

$$\boldsymbol{\lambda = 4\pi^2\frac{m}{\rho_o S}}$$

Piezīme: ņemot vērā pareizos reizinātājus

$$\lambda = 2\pi\frac{m}{\rho_o S}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos par svārstību kustību, tās raksturlielumiem, par rimstošām svārstībām un spēkiem:

- spēku līdzsvars (A jautājums), Arhimēda spēks (A), smaguma spēks (A), II Ņūtona likums (A), enerģijas nezūdamības likums (B), kinētiskā un potenciālā enerģija (B), deformēta ķermeņa potenciālā enerģija (B);
- mehānisko svārstību vienādojums (A), frekvence (A un C), leņķiskā frekvence (A, B), amplitūda (C), periods (C), viļņu izplatīšanās ātrums un viļņu garums (D).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (A un B);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (A un B);
- analizēt kustību, izmantojot spēku darbību (A);
- saskatīt situācijā enerģijas nezūdamības likumu (B);
- analizēt fizikāla rakstura informāciju tekstā (C, D);
- izmantot un pārveidot funkcionālas sakarības starp lielumiem (C, D);
- veikt dimensionālo analīzi sakarībām, kas saista fizikālos lielumus (D);
- konstruēt grafikus fizikālo procesu attēlošanā (C);
- saskatīt analoģijas fizikālo procesu norisē un to raksturojošajās likumsakarībās (A, B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- izvērtēt, teoretizēt, vispārināt, radīt, saskatīt analoģijas – visi uzdevuma jautājumi.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par svārstību kustību un rimstošām svārstībām. Skolēnam jāprot aprakstīt vispārīgā formā fizikālie lielumi un veikt dimensiju analīzi, kā arī noteikt grafika

konstruēšanai nepieciešamo lielumu skaitliskās vērtības, ņemot vērā fizikālo lielumu maiņu rimstošajās svārstībās. Lai varētu atrisināt uzdevumu, skolēnam jāizmanto zināšanas ārpus skolas fizikas esošā pamatkursa – jāzina, kā nosaka leņķisko paātrinājumu, kāds ir vispārīgais mehānisko svārstību vienādojums.

V2017-10-D. CAURULES VICINĀŠANA

1. **Uzvedinoši ieteikumi**:
– Ieklausieties, to var dzirdēt!

Periodiski mainās skaņas **frekvence** (fizikā) jeb augstums (mūzikā).

2. **Uzvedinoši ieteikumi**:
– Ieklausieties, to var dzirdēt!
– Vai izmaiņas labāk sadzirdējāt rotācijas plaknē vai tālāk no tās?

Frekvences izmaiņas ir vislabāk pamanāmas, ja klausītājs atrodas **rotācijas plaknē** vai tuvu šādam novietojumam.

3. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Kāda ir svilpes kustības nozīme šajā eksperimentā?
– Kurš šoreiz ir būtiskākais fizikālais lielums – attālums līdz klausītājam, ātrums attiecībā pret to vai paātrinājums?

Frekvences periodiskās izmaiņas izraisa periodiska **skaņas avota tuvošanās** un **attālināšanās** no klausītāja.

4. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Vai atbilde ir atkarīga no tā, vai telpā kustas klausītāji, vai svilpe? Un kāda tā būtu, ja svilpe būtu nekustīga, bet klausītāji vizinātos ātrā karuselī?

Telpā **tiešām** izplatās mainīgas frekvences skaņa. Ja **skanoša svilpe atrastos** kādā telpas vietā **nekustīgi**, bet **klausītāji** periodiski **tuvotos un attālinātos no tās** (piemēram, vizinoties karuselī), tad pareizā atbilde būtu pretējā.

5. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Vai skaņas avotam skrienot pakaļ paša radītajam vilnim, katrs nākamais viļņa periods novietosies tuvāk iepriekšējam, nekā stāvot uz vietas?
– Vai šie periodi sasniegs klausītāja ausis ar mazāku laika atstarpi?
– Vai tas paaugstinās klausītāja sadzirdētās skaņas frekvenci?

Šī parādība ir **Doplera efekts**. Skaņas avotam tuvojoties klausītājam, tas skrien pakaļ paša radītajam vilnim un nākamo veido tuvāk iepriekšējam, tādējādi samazinot viļņa garumu un paaugstinot frekvenci. Avotam attālinoties no klausītāja, katru nākamo vilni avots veido mazliet tālāk no iepriekšējā (salīdzinājumā ar nekustīga avota radītajiem viļņiem), tāpēc viļņa garums iznāk lielāks, bet frekvence mazāka.

6. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kur atrodas demonstrētāja ausis? Vai to attālums līdz svilpei ievērojami mainās, veidojot lielu savstarpējo ātrumu?

Pats demonstrētājs **nedzird** Doplera efektu, jo viņa ausis atrodas tuvu rotācijas asij, tāpēc svilpe vienmēr ir nemainīgā attālumā no tām.

7. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Vai varat aptuveni noteikt caurules garumu, apgriezienu skaitu sekundē, izrēķināt no tiem svilpes maksimālo lineāro ātrumu attiecībā pret klausītājiem, salīdzināt to ar skaņas ātrumu un novērtēt efekta dzirdamību?

Svilpes rotācijas rādiuss $R = 2$ m
Apgriezienu skaits sekundē $n = 3$
Svilpes lineārais ātrums $v = 2n\pi R = 36$ m/s
Skaņas ātrums $v_{skaņas} = 343$ m/s
Skaņas frekvence maksimālo izmaiņu brīdī, kad svilpe kustas tieši uz klausītāju vai tieši prom:

$$f = \frac{f_0 v_{skaņas}}{v_{skaņas} \mp v} = \frac{343 f_0}{343 \mp 36}$$

redzams, ka **frekvences izmaiņas** sasniedz aptuveni **10%** uz katru pusi. Tik lielas izmaiņas **ir** skaidri **sadzirdamas**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Demonstrējuma skaidrošanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Trajektorija, ceļš, pārvietojums un ātrums.
- Ķermeņa kustība pa riņķa līniju: lineārais ātrums, leņķiskais ātrums.
- Mehāniskās svārstības un viļņi, svārstību periods un frekvence. Svārstību izplatīšanās vidē: garenviļņi. Klasiskais Doplera efekts vienā dimensijā.

Demonstrējuma izskaidrošanai skolēnam jāprot:

- novērot, prognozēt, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Demonstrējuma skaidrošanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- Vēro, saklausa – 1. jautājums.
- Salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista – 2. un 3. jautājums.
- Izvērtē, prognozē, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē (paplašināta abstrakcija) – 4., 5., 6. un 7. jautājums.

V2017-10-E. ŪDENS VISKOZITĀTES KOEFICIENTA NOTEIKŠANA, MĒROT ŪDENS PLŪSMAS ĀTRUMU BEZ HRONOMETRA

Ieteikumi darba veikšanai:

- Darba piederumiem visā darba izpildes laikā jāatrodas uz galda (Nevajag tos novietot uz grīdas vai krēsla).
- Lai ūdens nešļakstītos, nemēģiniet strūklu apturēt aizspiežot caurules galu ar pirkstu. Ūdens strūklu ir viegli apturēt caurules galu mierīgi paceļot virs ūdens līmeņa pudelē.
- Laižot caurules galu lejā, to vajag ar pirkstu aizspiest ciet. Kad esat gatavi sākt mērījumus, tikai tad atbrīvojiet caurules galu.
- To pašu ūdeni var izmantot mērījumiem vairākas reizes.
- Veicot mērījumus, ieteicams ar vienu roku pieturēt putuplasta pamatu.
- Mērījumus ūdenī veikt ar lineālu, nevis mērlenti.

Skaidrojums par uzdevumu:

Eksperimentālā uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Fizikāli mērījumi un mērvienības. Eksperimenta plānošana, datu apstrāde un analīze.
- Spiediens šķidrumos un gāzēs, pretestības spēks.
- Gravitācija un ķermeņu kustība gravitācijas laukā. Ķermeņa svars.
- Bernulli likums.

Eksperimentālā uzdevuma atrisināšanai skolēnam jāprot:

- Plānot eksperimentu, eksperimentēt, novērot, mērīt, prognozēt, noteikt lielumus, iegūt datus, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- Salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, pielieto, formulē jautājumus (savstarpēja saistība).
- Izvērtē, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes.

11. klase

V2017-11-1. GAISA BALONI

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki darbojas uz balonu?
– Kāda sakarība saista gaisa masu, tilpumu un temperatūru?
– No kā ir atkarīga balona maksimālā celtspēja?

Balons ceļas augšup Arhimēda spēka ietekmē. Maksimāli noslogotam balonam Arhimēda spēks vienāds ar kopējo smaguma spēku, ko veido balona apvalka, balonā esošā gaisa un balona groza radītais spēks. Tādējādi

$$\rho_0 V g = (m_a + m_1 + m_g) g \qquad /: g$$
$$\rho_0 V = m_a + m_1 + m_g$$

kur m_g ir gaisa masa balonā $m_g = \rho_g V$, ρ_g ir gaisa blīvums balonā, bet ρ_0 ir apkārtējā gaisa blīvums. Ievērosim, ka ρ_g ir atkarīgs no gaisa temperatūras balonā, bet ρ_0 – no apkārtējā gaisa temperatūras.

Izsakot iegūstam:

$$m_a + m_1 + \rho_g V = \rho_0 V$$
$$m_1 = (\rho_0 - \rho_g)V - m_a$$

Redzam, ka jo lielāka starpība starp gaisa blīvumu balonā un apkārtējā gaisa blīvumu, jo lielāku kravu balons varēs pacelt.

Gaisa blīvums ρ un temperatūra T saistīti ar Mendeļejeva – Klapeirona vienādojumu:

$$p_0 V = \frac{m}{M_g} RT \qquad \Rightarrow \qquad \rho = \frac{m}{V} = \frac{M_g p_0}{RT}$$

p_0 šeit ir atmosfēras spiediens (tā kā balons nav noslēgts, tad spiediens tā iekšpusē praktiski vienāds ar apkārtējā gaisa spiedienu). Blīvums tātad ir apgriezti proporcionāls temperatūrai. Gaisa blīvums būs vismazākais un balona celtspēja vislielākā, kad gaisa temperatūra balonā būs tuva maksimālai pieļaujamai (T_{max}).

Ievietojot iegūstam

$$m_1 = (\rho_0 - \rho_g)V - m_a = \frac{M_g p_0 V}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_{max}}\right) - m_a \approx \mathbf{661\ kg}$$

B Izmantojot tās pašas sakarības kā A punktā, iegūstam, ka ūdeņraža blīvums balonā

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{M_{H_2} p_0}{RT_1}$$

Ievērosim, ka balona temperatūra šajā gadījumā vienāda ar apkārtējās vides temperatūru.

Maksimālā ar ūdeņraža balonu paceļama masa ir

$$m_{H_2} = \frac{(M_g - M_{H_2})\, p_0 V}{RT_1} - m_a \approx 2922\ \text{kg}$$

Šeit M_{H_2} ir ūdeņraža molmasa (2 g/mol). Kā redzam, tāda paša izmēra ūdeņraža balons spēj pacelt

$$\frac{2922}{661} \approx \mathbf{4{,}42}$$

reizes lielāku masu nekā karstā gaisa balons.

C Izmantojot to pašu sakarību kā uzdevuma A punktā, iegūstam

$$m_2 = \frac{M_g p_0 V}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_{max}}\right) - m_a \approx 1266\ \text{kg}$$
$$\frac{1266}{661} \approx \mathbf{1{,}92}$$

Tādējādi ziemā balons varēs pacelt 1,92 reizes smagāku kravu nekā vasarā, un ziema tādēļ tiek uzskatīta par daudz labāku laiku rekordlidojumiem ar gaisa baloniem.

D Uzvedinoši jautājumi:

– Izmanto A punkta risinājumā iegūto izteiksmi, lai izrēķinātu balonu temperatūras, kas nepieciešamas, lai paceltu 400 kg lielu kravu attiecīgi ziemā un vasarā.

– Kas ierobežo balona lidojuma ilgumu?

– Kā var izteikt siltumu daudzumu, kas laika vienībā Δt izdalās, sadegot propānam?

– No kuriem lielumiem ir atkarīga laika vienībā sadedzinātā propāna masa? (proporcionalitātes koeficientu vari ieviest kā kaut kādu konstanti, jo, rēķinot attiecību, tā saīsināsies)

Viegli izrēķināt balonu temperatūras $T_{b,1}$ un $T_{b,2}$, kas nepieciešamas, lai paceltu 400 kg lielu kravu attiecīgi vasarā un ziemā. No A punktā iegūtā vienādojuma

$$m_1 = \frac{M_g p_0 V}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_b}\right) - m_a$$

Izsakām:

$$\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_b} = \frac{(m + m_a)R}{M_g p_0 V}$$

Vasarā:

$$T_{b,1} = \frac{1}{\frac{1}{T_1} - \frac{(m + m_a)R}{M_g p_0 V}} = 356\ \text{K} = 83^0\text{C}$$

Ziemā:

$$T_{b,2} = \frac{1}{\frac{1}{T_2} - \frac{(m + m_a)R}{M_g p_0 V}} = 291\ \text{K} = 18^0\text{C}$$

Kā redzams, nepieciešamās temperatūras ir ļoti atšķirīgas, un tas būtiski ietekmēs maksimālo lidojuma ilgumu.

Balona lidojuma ilgumu ierobežo propāna daudzums. Ja vienā laika vienībā tiek sadedzināta Δm liela propāna masa, tad laikā Δt izdalītais siltuma daudzums ir $\Delta Q = q \cdot \Delta m \cdot \Delta t$, kur q ir propāna sadedzināšanas īpatnējais siltums. Šis lielums nav atkarīgs no apkārtējā gaisa temperatūras un būs viens un tas pats gan ziemā, gan vasarā. Ja kopējā propāna masa ir m_p, tad maksimālais balona lidojuma laiks $t_{max} = m_p / \Delta m$, no kurienes varam izteikt $\Delta m = m_p / t_{max}$.

Ja balona temperatūra ir nemainīga, tad viss propāna sadedzināšanā izdalītais siltuma daudzums tiek patērēts, lai kompensētu siltuma zudumus caur balona apvalku, kas savukārt ir proporcionāls balona virsmas laukumam S un temperatūru starpībai starp balonu (T_b) un apkārtējo gaisu (T_a). Līdz ar to

$$q\Delta m\Delta t = q\frac{m_p}{t_{max}}\Delta t = hS(T_b - T_a)\Delta t$$

h – šeit kāda konstante.

Izsakām

$$t_{max} = \frac{qm_p}{hS(T_b - T_a)}$$

Lidojumu ilgumu attiecība ziemā un vasarā tātad būs

$$\frac{t_{max,2}}{t_{max,1}} = \frac{T_{b,1} - T_1}{T_{b,2} - T_2} = \mathbf{1{,}47}$$

tātad ziemā lidojums ar gaisa balonu var būt 1,47 reizes ilgāks.

E Uzvedinoši jautājumi:

– No kādiem lielumiem ir atkarīga balona celtspēja?

– Kurš no šiem lielumiem, pieaugot augstumam, mainās straujāk?

– No kāda nosacījuma var iegūt izteiksmi spiedienam, pie kura Arhimēda spēks vairs nekompensēs smaguma spēku?

Iepriekšējos uzdevuma punktos redzējām, ka balona celtspēja atkarīga kā no temperatūras, tā arī no apkārtējā gaisa spiediena. Balonam ceļoties augstāk, apkārtējā gaisa temperatūra samazinās un celtspējai vajadzētu pieaugt. Taču vienlaikus samazinās spiediens, kas savukārt samazina celtspēju. Tā kā spiediens samazinās eksponenciāli, tad šis efekts gūs virsroku.

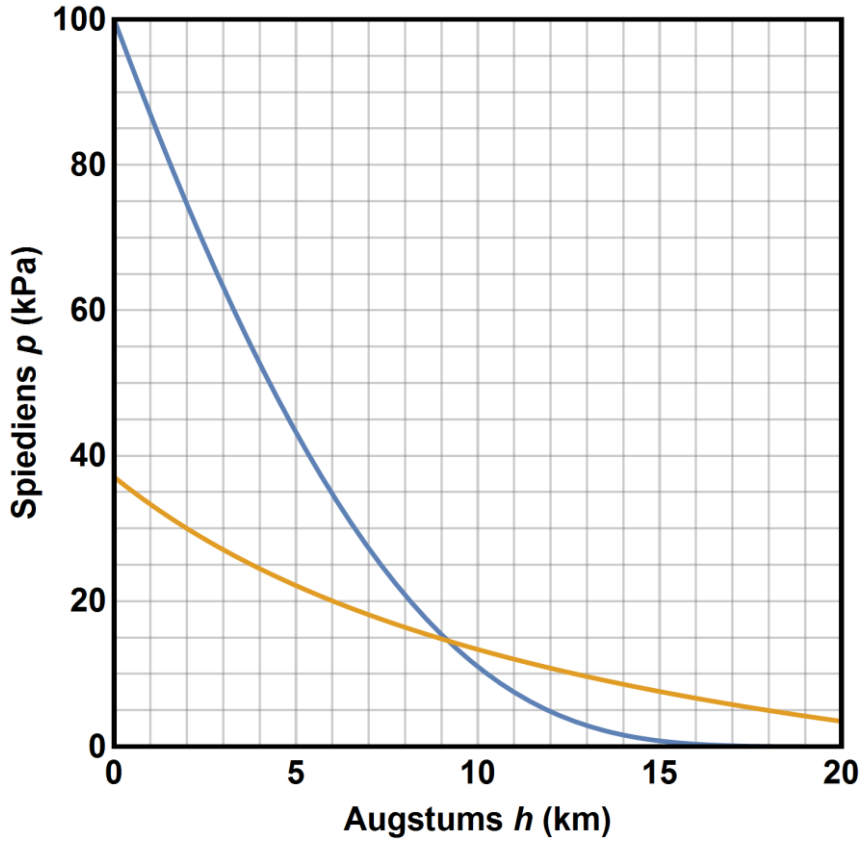
Izmantojot A uzdevuma punktā iegūto sakarību, varam secināt, ka līdz maksimālai temperatūrai sakarsētā balona uz augšu vērsts kopspēks kļūs vienāds ar nulli pie nosacījuma, ka:

$$m = \frac{M_g p(h) V}{R}\left(\frac{1}{T(h)} - \frac{1}{T_{max}}\right) - m_a$$

Pārveidojot iegūstam izteiksmi spiedienam, pie kura Arhimēda spēks vairs nekompensēs smaguma spēku:

$$p(h) = \frac{(m + m_a)R}{\left(\frac{1}{T(h)} - \frac{1}{T_{max}}\right) M_g V} = \frac{(m + m_a)R}{M_g V} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{T_1 - \alpha h} - \frac{1}{T_{max}}\right)} = 52{,}2 \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{253 - 9{,}8h} - \frac{1}{393}\right)}$$

Konstruējot iegūtās spiediena funkcijas grafiku (299. att.), atrodam krustpunktu ar atmosfēras spiediena grafiku: $h_{max} \approx 9{,}2$ km.



299. att.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Vielu uzbūve – masa, blīvums, tilpums (jautājumi A, B, C, D, E).
- Gāzu likumi – ideālas gāzes stāvokļa vienādojums (jautājumi A, B, C, D, E).
- Mijiedarbība un spēki – smaguma spēks, Arhimēda spēks, kopspēks (jautājumi A, B, C, D, E).
- Siltums un darbs – kurināmā īpatnējais sadegšanas siltums (jautājums D).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi A, B, C, D, E);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi A, B, C, D, E);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājumi A, B, C, D, E);
- veic darbības ar daudzkārtņiem un pakāpēm (jautājumi A, B, C, D, E);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi D, E);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājums D);
- skaidro procesus, lietojot fizikālos modeļus (jautājums D);
- veic analītiskus spriedumus par procesiem un parādībām, izmantojot fizikas likumus (jautājumi D, E);
- lieto vizuālo un grafisko informāciju fizikālo procesu un likumsakarību attēlošanā (jautājums E).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, sasaista, pielieto – A, B, C jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, prognozē, reflektē – D, E jautājums.

Uzdevuma risināšanas procesā visos jautājumos jāpielieto prasmes saistīt SI un ārpussistēmas mērvienības, izmantot un kombinēt funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem, kompleksi lietot zināšanas no vairākām tēmām – mehānika, molekulārfizika, termodinamika. Jāprot noteikt vielas molmasu pēc ķīmiskās formulas. Atbildot uz pēdējo jautājumu, skolēnam jāparāda prasme interpretēt informāciju no grafika, spriešanas gaitā izmantot doto informāciju, kā arī konstruēt funkciju grafiku. Daudzos jautājumos atrisināšanai nepieciešamā informācija ir sniegta pašu jautājumu formulējumos, skolēniem jāspēj izmantot to, veidojot fizikāli un matemātiski pamatotus spriedumus.

V2017-11-2. NELINEĀRIE ELEMENTI

A

A1 No grafika jānosaka punkts, kurā strāva sāk izteikti pieaugt. To var novērtēt aptuveni, bet var arī, piemēram, novilkt pieskari funkcijai tajā vietā, kur tā ir pietiekami stāva, lai to varētu aproksimēt ar taisni un nolasīt taisnes krustpunktu ar asi. Sagaidāms novērtējuma rezultāts ir apmēram ***U* ≈ 0,35 V**. Kļūda apmēram U = 0,1 V ir pieņemams rezultāts.

A2 Kā minēts uzdevuma ievadā, diodes **potenciāla barjera** skaitliski vienāda ar enerģiju, kas būtu jāpiešķir vienam elektronam, lai tas varētu pārvarēt šo elementu un turpināt kustību. Tātad $\Delta W = eU$ = **0,35 eV**. Iegūtā rezultāta kļūda par 0,1 eV ir pieņemama.

B

B1 Materiāla blīvums $\rho = \frac{m}{V} = \frac{M_{Cu}N}{N_A V}$

Zinot, ka katrs atoms dod vienu elektronu, var izteikt brīvo lādiņnesēju koncentrāciju:

$$n_0 = \frac{N}{V} = \frac{\rho N_A}{M_{Cu}} = \frac{8{,}96 \cdot 10^{-3} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}}{63{,}5 \cdot 10^{-3}} \approx \mathbf{8{,}5 \cdot 10^{28}\ \frac{1}{m^3}}$$

B2 Tā kā uzdevumā minēts, ka pusvadītājam bez piejaukuma atomiem ir samērā maza brīvo lādiņnesēju koncentrācija, tāpēc var rakstīt, ka piejaukuma atomu koncentrācija nosaka brīvo lādiņnesēju koncentrāciju $n_s = n_o + n_{piejaukums} \approx n_{piejaukums} = \mathbf{1 \cdot 10^{22}\ \frac{1}{m^3}}$

C

C1 Padoms

Risināšanā izmanto Gausa teorēmu: lādiņa q elektriskā lauka intensitātes plūsma $N = ES$ caur slēgtu virsmu, kas aptver lādiņu, nav atkarīga no virsmas veida un ir proporcionāla virsmas ietvertajam kopējam lādiņam q. Katru dubultslāņa slāni šajā kontekstā var modelēt kā vienmērīgi uzlādēto plāksni.

Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels lādiņš ir ietverts elektriskajā dubultslānī?

– Kā var izteikt vienmērīgi uzlādētas bezgalīgas plāksnes elektriskā lauka intensitāti?

Ja pielieto Gausa teorēmu plāksnei, varam iegūt sakarību starp elektriskā lauka intensitāti *E* un lādiņu uz plāksnes atkarībā no plāksnes biezuma:

$$ES = \frac{q}{2\varepsilon\varepsilon_0}$$

Elektriskā dubultslānī ietverto lādiņu mēs varam noteikt, pareizinot piejaukuma atomu koncentrāciju ar elektrona lādiņa vērtību un tilpumu:

$$q = n_p eV = n_p eSd$$

Ievietojot lādiņa vērtību Gausa teorēmas izteiksmē plaknei, iegūst:

$$ES = \frac{q}{2\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{n_p edS}{2\varepsilon\varepsilon_0}$$

Izsakot elektriskā lauka intensitāti, iegūst, ka

$$E = \frac{n_p ed}{\varepsilon\varepsilon_0}$$

(saucējā pazuda 2, jo elektriskā lauka kopsumma kondensatorā ir abu plākšņu radītais kopējais elektriskais lauks un tātad divas reizes lielāks nekā katras plāksnes atsevišķi radītais elektriskais lauks).

Ja elektriskais lauks būtu homogēns, tad spriegums būtu *U* = *Ed*, bet elektriskais lauks nav homogēns un pieaug lineāri atkarībā no biezuma. Tā kā tā ir lineāra sakarība, tad kopējais spriegums būs

$$U = \frac{1}{2}\frac{n_p eL^2}{\varepsilon_0\varepsilon}$$

No šī vienādojuma var izteikt dubultslāņa biezumu

$$L = \sqrt{\frac{2U\varepsilon\varepsilon_0}{n_p e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}35 \cdot 10 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}}{1 \cdot 10^{22} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}} = 1{,}97 \cdot 10^{-7}\ \text{m} \approx \mathbf{200\ nm}$$

C2 Uzvedinošs jautājums:

– Kā mainās potenciālu starpība starp P un N apgabaliem, pieslēdzot diodi caurlaides virzienā?

Ja elektriskais lauks tiek pielikts caurlaides virzienā, tad spriegums starp P un N apgabaliem samazinās:

$$L = \sqrt{\frac{2(U - U_p)\varepsilon_o \varepsilon}{n_p e}} \approx \mathbf{150\ nm}$$

kur U_p ir pusvadītāju diodei pieliktais spriegums.

Potenciāla barjera $\Delta E = e(U - U_p) = \mathbf{0{,}2\ eV}$ arī samazinās.

C3 Uzvedinošs jautājums:

– Kā mainās potenciālu starpība starp P un N apgabaliem, pieslēdzot diodi sprostvirzienā?

Ja elektriskais lauks tiek pielikts sprostvirzienā, tad

$$L = \sqrt{\frac{2(U + U_p)\varepsilon_o \varepsilon}{n_p e}} \approx \mathbf{235\ nm}$$

Elektriskā dubultslāņa biezums palielinās un potenciāla barjera $\Delta E = e(U + U_p) = \mathbf{0{,}5\ eV}$ palielinās! Tātad ir lielāks darbs jāveic, lai tiktu otrā pusē.

C4 Uzvedinošs jautājums:

– Kāds ir dubultslāņa biezums, ja diodei nav pielikts ārējais spriegums?

Lai noteiktu kapacitāti, var izmantot kondensatora kapacitātes definīciju: $C = \frac{q}{U}$

Lādiņš:

$$q = n_p eV = n_p eSd = \frac{1}{2} n_p eSL$$

kur *S* – elektriskā dubultslāņa šķērsgriezuma laukums.

Ievietojot dubultslāņa biezuma *L* noteikšanai punktā C1 iegūto izteiksmi:

$$q = \frac{1}{2} n_p eS \sqrt{\frac{2U\varepsilon\varepsilon_0}{n_p e}} = \frac{1}{2} S \sqrt{2 n_p e U \varepsilon \varepsilon_0}$$

Ievietojot kapacitātes vienādojumā lādiņu, var izteikt, ka kapacitāte

$$C = \frac{q}{U} = \frac{1}{2} S \sqrt{\frac{2 n_p e \varepsilon \varepsilon_0}{U}} = 0{,}5 \cdot 1 \cdot 10^{-7} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1 \cdot 10^{22} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}}{0{,}35}} \approx \mathbf{4{,}5 \cdot 10^{-11}}$$

$$= \mathbf{45\ pF}$$

C5 Lai noteiktu sproststrāvu, jāatrod plato grafikā un jānosaka strāvas vērtība, kas ir apmēram

***I* = 0,15 µA = 150 nA**

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Vielu uzbūve – masa, molmasa, blīvums, tilpums, koncentrācija (jautājums B1).
- Elektriskie lādiņi un elektriskais lauks – elektriskā lauka darbs un enerģija (jautājumi A2, C2, C3), vienmērīgi uzlādētas bezgalīgas plāksnes elektriskā lauka intensitāte (jautājums C1), plakņu kondensators, tā kapacitāte (jautājums C4).
- Vielu elektrovadītspēja – pusvadītāju diode, P-N pāreja (jautājumi C2, C3).
- Līdzstrāva – elektriskās strāvas jēdziens (jautājums A1).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi A2, C1, C4);
- nolasa datus no grafika (jautājumi A1, C5);
- veic darbības ar daudzkārtņiem un pakāpēm (jautājumi A2, B1, C1, C2, C3, C4);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi A2, B1, C1, C2, C3, C4);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi B1, C1, C2, C3, C4);
- skaidro procesus, lietojot fizikālos modeļus/modelē fizikālos procesus (jautājumi C1, C4).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, identificē, veic vienkāršu darbību – A1, B2 jautājums;
- definē, veic darbību pēc algoritma, kombinē – A2, B1 jautājums;
- salīdzina, analizē, sasaista, pielieto – C2, C3, C4 jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas, reflektē – C1 jautājums.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par elektriskās strāvas jēdzienu, jāanalizē informācija tekstā, jāparāda prasme izmantot un kombinēt zināšanas no dažādām tēmām, veicot piedāvāto situāciju analīzi. Lielākas grūtības varētu sagādāt jautājumi, kuros jāmodelē fizikālie procesi vai jāizvērtē piedāvātie modeļi (P-N pārejas slāņu kā kondensatora klājumu modelēšana), tāpēc šiem jautājumiem piedāvāti detalizētāki skaidrojumi. Uzdevuma vairāki jautājumi ir savstarpēji saistīti: piemēram, pirmajā jautājumā noteiktā sprieguma vērtība ir jāizmanto aprēķinos vairākos citos jautājumos, tāpēc, vērtējot šo uzdevumu olimpiādē, uzsvars tika likts uz risinājuma gaitu, nevis skaitliskajām vērtībām.

V2017-11-3. MĒNESS NOVĒROJUMI

A Ja Zeme būtu plakans disks, Zemes ēna būtu plakana diska (vai, iespējams, citas formas) projekcija uz ekrāna. Ja stari ir perpendikulāri diskam, tā ēna ir aplis, savukārt ja tie nāk leņķī (piemēram, saulrieta un saullēkta laikā), to projekcija ir elipse.

B Padoms:

– Izmanto 52. attēlā piedāvāto shēmu.

52. attēlā var redzēt, ka novērotājam skatoties uz karodziņu, izveidojas taisnleņķa trijstūris. Tā kā stabiņa garums ir ļoti neliels, tas tur ir tikai, lai palīdzētu precīzi noteikt ezera malu. Izliekums ezeram attiecībā pret Zemes centru būs ļoti neliels, tāpēc var pieņemt, ka ezera garums ir gandrīz vienāds ar horizonta attālumu L. Šajā gadījumā trijstūra katetes ir R un L, bet hipotenūza ir $(R + h)$. No Pitagora teorēmas un pieņēmuma $h << L$, seko

$$R_Z = \frac{L^2}{2h} = \mathbf{6250\ km}$$

C Uzvedinošs padoms:

– Debess ķermeņus bieži raksturo ar to leņķiskajiem izmēriem. Leņķiskais izmērs ir leņķis starp taisnēm, kuras savieno diametrāli pretējos malējos novērojamā objekta punktus ar novērotāju. Ja nogrieznis, kura garums D, ir novērojuma taisnes, kuras garums ir L, vidusperpendikuls, tad šī nogriežņa leņķiskais lielums ir $2arctg\frac{D}{2L}$. Ja ķermeņa izmērs ir daudz mazāks par attālumu līdz ķermenim, tad leņķisko izmēru radiānos nosaka attiecība $\frac{D}{L}$, jo mazajiem leņķiem $\alpha \approx tg\alpha$.

No pirmā novērojuma (pilnā aptumsuma) iespējams secināt, ka Mēness leņķiskais izmērs debesīs $2R_M/D_M$ ir lielāks vai vienāds ar Saules leņķisko izmēru $2R_S/D_S$. Tā kā aizsegšana ir īsa salīdzinājumā ar dabīgo kustības periodu (24 h), varam secināt, ka abi izmēri ir ļoti līdzīgi, jo citādāk ilgākie aptumsumi būtu garāki, kas noved pie sakarības

$$\frac{R_M}{D_M} = \frac{R_S}{D_S}$$

D Uzvedinoši jautājumi:

– Cik gara ēna jāšķērso Mēnesim aptumsuma laikā?

– Kāda ir sakarība starp Mēness orbitālo ātrumu, periodu un attālumu līdz Zemei?

Ja Saules stari ir pilnīgi paralēli, Zemes ēna būs aplis ar rādiusu R_Z, neatkarīgi no attāluma, kurā tā novērota. Jau iepriekš esam pieņēmuši, ka Mēness vienmērīgi riņķo ar ātrumu

$$\mathrm{v} = \frac{2\pi D_M}{T_M}$$

bet aptumsuma laikā tas šķērso ēnu ar kopējo garumu $2R_Z$, tātad

$$\mathrm{v} = \frac{2R_Z}{T_a}$$

pielīdzinot abas ātruma izteiksmes, iegūstam

$$D_M = \frac{R_Z T_M}{\pi T_a} = \frac{28 \cdot 24 \cdot R_Z}{3{,}14 \cdot 4} = \mathbf{53{,}5\ R_Z}$$

E Lai gan šajā gadījumā Mēness kustība ir šķietama, jo to rada Zemes rotācija, attiecībā pret novērotāju iespējams pieņemt, ka Mēness īstenībā ir kustīgais ķermenis, kurš pārvietojas ar ātrumu

$$u = \frac{2\pi D_M}{T_M}$$

bet rieta laikā Mēness šķērso attālumu $2R_M$, tātad

$$u = \frac{2R_M}{T_R}$$

Pielīdzinot izteiksmes iegūstam

$$R_M = \frac{T_R \pi D_M}{T_D} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot D_M}{25 \cdot 60} = \mathbf{0{,}004 D_M} = 0{,}004 \cdot 53{,}5 R_Z = 0{,}22 R_Z$$

F Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels ir leņķis Zeme – Pirmais Ceturksnis – Saule?

– Cik grādiem atbilst Mēness pilns periods T_M = 28 diennaktis?

Leņķis Zeme – Pirmais Ceturksnis – Saule ir taisns, jo Saules izgaismojums ir perpendikulārs līnijai Zeme – Mēness. Ja Saule būtu bezgalīgi tālu, varētu sagaidīt, ka leņķis Jauns Mēness – Zeme – Pirmais

Ceturksnis arī būtu taisns, bet tā nevar būt, jo tad izveidotos trijstūris ar diviem taisniem leņķiem. Ir dots, ka Pirmais Ceturksnis notiek 0,5 h ātrāk nekā parasti sagaidītu, tātad šis leņķis ir nedaudz mazāks par

$$\frac{360^0 \cdot 0{,}5\ h}{28\ \text{diennaktis}} = 0{,}27^0$$

tātad θ = 90° - 0,27° = 89,73°. Šis ir taisnleņķa trijstūris, tātad

$$cos\theta = \frac{D_M}{D_S}$$

no kā var secināt

$$D_S = \frac{D_M}{cos\theta} = \frac{D_M}{cos89{,}73^0} \approx \mathbf{210}\boldsymbol{D_M}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas pamatskolas līmeņa zināšanas par ķermeņu kustību – ātrums un periods kustībā pa riņķa līniju (jautājumi D, E).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes:

- interpretē informāciju no attēliem un shēmām – jautājumi A, B, D, F;
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem – jautājumi D, E;
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības – jautājums B;
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības – jautājumi B, C, F;
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā – jautājums D;
- modelē fizikālos procesus – jautājumi B, C, F.

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – A, E jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, klasificē, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas, pielieto, formulē jautājumus – B, C, D jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – F jautājums.

Visa šī uzdevuma risināšanai nepieciešamā informācija ir dota uzdevumu aprakstā, piedāvātajos attēlos un tekstā. Skolēniem jāparāda prasme analizēt attēlus, uzmanīgi lasīt tekstu, veidot fizikālo procesu matemātiskos modeļus, novērtēt to parametrus, pārveidot un kombinēt izteiksmes. Jāpielieto iztēle, loģika un matemātikas zināšanas – Pitagora teorēma, mazo leņķu un to trigonometrisko funkciju salīdzināšana, trigonometriskās sakarības taisnlenķa trijstūrī.

V2017-11-D. SVECES UN GRAVITĀCIJA

A

A1 Uzvedinoši jautājumi:

– Vai ieraudzīji, kura svece nodzisa pirmā?

– Kāds ir sveču nodzišanas cēlonis, kurš abām svecēm ir kopīgs?

– Kā mainās tā gaisa temperatūra, kuru izmanto degšanai?

– Kur sakrājas degšanai izmantotais gaiss?

Pirmā nodziest **garākā svece**. Abu sveču nodzišanas cēlonis ir skābekļa daudzuma samazināšanās gaisā burkas iekšienē. Degšanā izmantotais gaiss sasilst, tāpēc kļūst vieglāks. Arhimēda cēlējspēks

sasilušajam gaisam kļūst lielāks par gravitācijas spēku. Tāpēc izmantotais gaiss ar zemāku skābekļa saturu vispirms sakrājas burkas augšpusē. Tur atrodas garākās sveces liesma. **Tai** pirmajai **pietrūkst skābekļa**.

A2 Uzvedinoši jautājumi:
– Vai salīdzināšanā jāietver visu veidu gaisa molekulas?
– Kuras gaisa molekulas degšanai ir nepieciešamas?
– Ar kādām molekulām tās tiek aizstātas degot? Vai tās ir vieglākas, vai smagākas?
– Kāpēc pirmā nodziest garākā svece?

Degšanai nepieciešams skābeklis. Sadegot veidojas **ogļskābā gāze**, kuras **molekulām masa ir lielāka, nekā skābeklim**. Tomēr vidējo izdegušā gaisa molekulu masu tas palielina mazāk. Noteicošā šajā eksperimentā ir degšanā izlietotā gaisa paaugstinātā temperatūra, kas šī gaisa blīvumu samazina daudz vairāk, nekā molekulu masa palielina.

Kā fiziķiem būtu jānovērtē situācija: CO_2 un O_2 molekulu masu attiecība ir 44 pret 32. Parafīna vārīšanās temperatūra > 370 °C. Nesasniedzot to, svece nevar degt. Empīriķi var atcerēties izobārisku procesu grafiku veidu un aprēķiniem izlīdzēties ar proporciju. Teorētiķi var lietot universālo gāzu stāvokļa vienādojumu. Abas pieejas vērtējamas vienlīdz pozitīvi.

Tāpēc izdegušais gaiss ceļas augšup. Tā vietu ieņem vēsākais svaigais gaiss, kura tāpēc īsākajai svecei pietiek ilgāku laiku, nekā garākajai. Šādu siltuma pārnesi kopā ar vielas masu sauc par **konvekciju**.

B

B1 Uzvedinoši jautājumi:
– Vai caurulē siltais gaiss neceļas augšup?
– Kas konvekcijas kontekstā atšķir šādu cauruli no burkas?
– Vai svaigais gaiss tiek caurulē līdz lejai, ja tā kustību īpaši neorganizējam? Kāpēc?

Uzliekot **svece**i cauruli, tā **drīz nodziest**. Gaiss gan ap liesmu un virs tās uzsilst, tomēr tā apmainīšanās pret svaigu gaisu ir apgrūtināta. Caurule ir šaurāka un garāka par burku. Tādēļ **konvekcija notiek tikai caurules augšgalā**, kur svaigais gaiss ātri sajaucas ar izlietoto un līdz lejai netiek, jo maisījums kļūst arvien siltāks, un tā blīvums mazāks. Sajaukšanās notiek tādēļ, ka gaisam piemīt neliela **viskozitāte** (iekšējā berze). Augšup un lejup ejošās gaisa straumes nevar vienaldzīgi paiet viena otrai garām, cita citu nesajūtot. Tā kā gaisa viskozitāte tomēr ir maza, plūsmu saskares vietās ne tikai samazinās to ātrums, bet arī veidojas virpuļi. Tieši šīs **turbulences** visātrāk sajauc izlietoto gaisu ar svaigo.

B2 Uzvedinoši jautājumi:
– Vai starpsienas klātbūtne maina gaisa īpašības, vai vismaz uzvedību?
– Vai starpsiena kalpo tikai kā robeža, kuru nav iespējams pārkāpt?
– Vai tiešām aizliegumi var dot brīvību (vismaz gaisa plūsmai)?
– Vai starpsienas ieviestā kārtība caurulē saglabājas arī pēc tās izņemšanas?

Uzliekot svecei cauruli **ar starpsienu**, **svece nenodziest** un turpina degt līdz pilnai izdegšanai. Taču, tiklīdz starpsienu izņem, tā svece drīz nodziest. Tieši **starpsienas izņemšanas brīdī plūsmas sajaucas visātrāk**.

B3 Uzvedinoši jautājumi:

– Kādu iespēju dod sajaukšanās aizliegums? Vai citādi nav iespējama "kaimiņu" mierīga līdzāspastāvēšana, nesajaucoties savā starpā? Vai to lomas nosaka viņi paši, vai kāds ārējs nepārvarams spēks, vai vienkārši viss iet kā nu iet, kā jau parasti?

Sadalot cauruli gareniski divās daļās, rodas iespēja karstajam gaisam pa vienu pusi celties augšup un aukstajam pa otru laisties lejup – tiem nesajaucoties savā starpā. Svaigais gaiss tā var sasniegt sveci, lai tā nenodzistu. Turbulences gaisa plūsmās gan rodas, taču tās tikai nedaudz aizkavē, nevis padara neiespējamu skābekļa piegādi liesmai.

Lomu sadalīšana starp caurules pusēm notiek pašā pirmajā brīdī, uzliekot pārdalīto cauruli svecei. To var izšķirt sveces dakts atrašanās tuvāk kādai no malām vai iepriekšēja noliekšanās uz to pusi. Taču pat, ja dakts novietota ideāli centrā, lomas sadalās tik un tā. Šādā situācijā to nosaka **gadījuma procesi**. Piemēram, caurules uzlikšanas brīdī kāda niecīga vēja pūsma var novirzīt sveces liesmu nedaudz sānis. Vai, sākot izdegušajam gaisam celties augšup, nedaudz vairāk tas trāpa vienā no nodalījumiem. Šādi cēloņi var būt neparedzami un pat ar aci nemanāmi, tos sauc par stohastiskiem procesiem. Ja lomas sadalījis gadījums, atkārtojot eksperimentu tās katrreiz pārdalās no jauna.

B4 Uzvedinoši jautājumi:

– Vai ir kāds prioritārs virziens, kurā liesma varētu izstiepties vai radīt gaisa plūsmu?

– Vai kosmosa kuģī orbītā ap Zemi nav smaguma spēka, vai arī tas ir kompensēts? Kas varētu būt to kompensējis?

Ja nav gravitācijas lauka iedarbības, nav arī Arhimēda spēka, jo spiediens visur ir vienāds. Nav vieglāka vai smagāka gaisa, **bezsvara stāvoklī** svars nevar pastāvēt. Tādēļ **nerodas** arī **konvekcija**, kas sveces liesmu izstieptu virzienā uz augšu (nav arī paša virziena). Tāpēc liesma tiecas ieņemt sfērisku formu, ko nedaudz traucē pašas sveces esamība blakus. Liesma drīz izmanto sev apkārt esošās skābekļa rezerves. **Skābekļa saturam samazinoties** zem kritiskās robežas, **liesma nodziest**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Vielas masa, tilpums un blīvums.
- Ķermeņu mijiedarbība un spēki – smaguma spēks, svars, Arhimēda spēks. Spēku saskaitīšana, ja tie darbojas pa vienu taisni.
- Spiediens šķidrumos un gāzēs. Ķermeņa peldēšanas nosacījumi. Temperatūra, spiediens, tilpums. Ideālā gāze, tās stāvokļa vienādojums. Izoparametriskie procesi. Vielas fāžu pārejas, gāzu termiskā izplešanās.

Uzdevuma atrisināšanai (izskaidrošanai) skolēnam jāprot:

- novērot, prognozēt, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- Salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista – A1, B2.
- Izvērtē, prognozē, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē (paplašināta abstrakcija) – A2, B1, B3, B4.

V2017-11-E. MĀKSLĪGĀ GRAVITĀCIJA

Atrisinājumi un vērtēšanas kritēriji

1. Izvēlēta adekvāta metode konstantes *K* noteikšanai. **[1 p]**. Skolēns ir sapratis, ka eksperimentāli var uzņemt sakarību bumbiņas apriņķošanas perioda atkarībai no orbītas vidējā rādiusa un centrālā atsvara masas. Izmantojot sakarību (2), iegūst, ka apriņķošanas periods *T* aprēķināms šādi:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{1}{KM}}$$

2. Pārbaudāmās hipotēzes: **[1 p]**

- bumbiņas apriņķošanas periods ir proporcionāls orbītas rādiusam;
- proporcionalitātes koeficients mainās atkarībā no auduma centrā piekārtās masas kā $1/\sqrt{M}$.

3. Eksperimentāli izmērīti 3 lielumi: (1) orbītas rādiuss apriņķošanas perioda sākumā, (2) orbītas rādiuss perioda beigās, (3) apriņķojuma periods.

Katrai no 5 zināmas masas atsvaru kombinācijām (200 g, 300 g, 400 g, 500 g, 600 g), kā arī nezināmās masas atsvaram mērījumi atkārtoti vismaz 10 reizes, izmērot apriņķojuma periodus orbītas rādiusu diapazonā no 3 līdz 20 cm. Novērtēta mērījumu precizitāte. **[3 p]**

4. Rezultāti attēloti grafiski, uz horizontālās ass atliekot orbītas vidējo rādiusu *R*, bet uz vertikālās ass – apriņķojuma periodu. Eksperimentālie dati *T*(*R*) aproksimēti ar taisni. Noteikti taisnes vienādojuma y = *a*x + *b* koeficienti. **[2 p]**

5. Skolēns ir konstatējis, ka $b \neq 0$, un pareizi izskaidrojis iemeslu: Orbītas nav precīzi cirkulāras, turklāt notiek orbītas precesija (veicot eksperimentus, tas ir labi redzams), tāpēc orbītas rādiusa mērīšanas vietā nomērītais rādiuss praktiski vienmēr būs mazāks par faktisko. Rezultātā izmērītā taisne būs nobīdīta no teorētiskās uz kreiso pusi. **[1 p]**

6. Skolēns grafiski attēlojis noteiktā taisnes slīpuma koeficienta atkarību no centrā piekārtā atsvara masas. Pareizi linearizēts grafiks: attēlots

$$\left(\frac{1}{tg\alpha}\right)^2 = f(M)$$

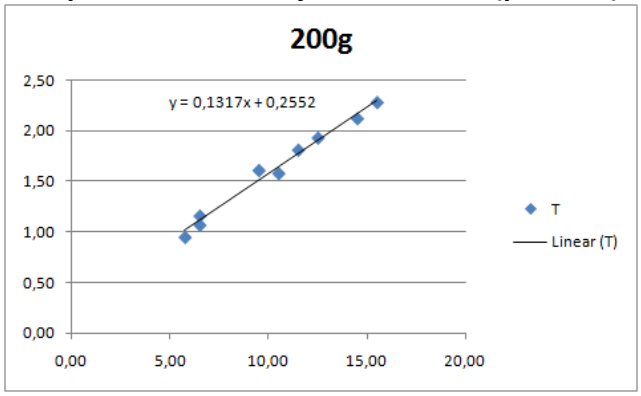
Noteikts taisnes slīpuma koeficients un aprēķināta konstantes *K* vērtība un norādīta pareiza lieluma dimensija ($m^2/(kg \cdot s^2)$ vai ekvivalents). **[1 p]**

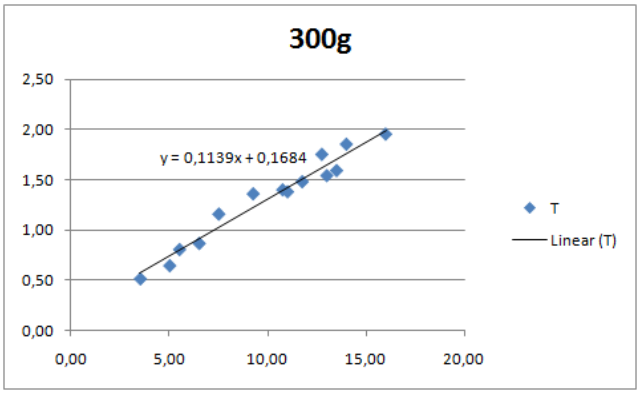
7. Izmantojot taisnes *T*(*R*) slīpuma koeficientu nezināmās masas atsvaram, no grafika

$$\left(\frac{1}{tg\alpha}\right)^2 = f(M)$$

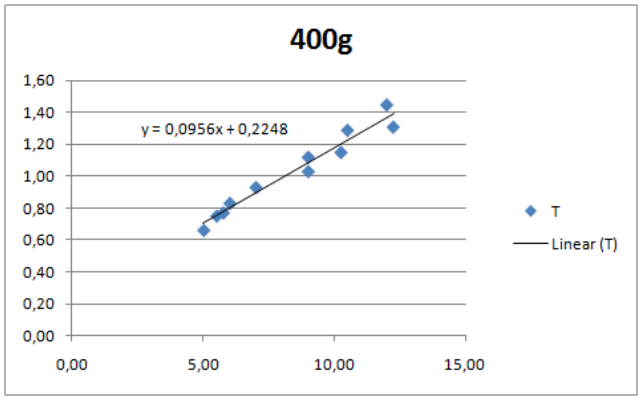
noteikta nezināmā atsvara masa (aptuveni 270 $\pm$ 20 g) un novērtēta iegūtā rezultāta precizitāte. **[1 p]**

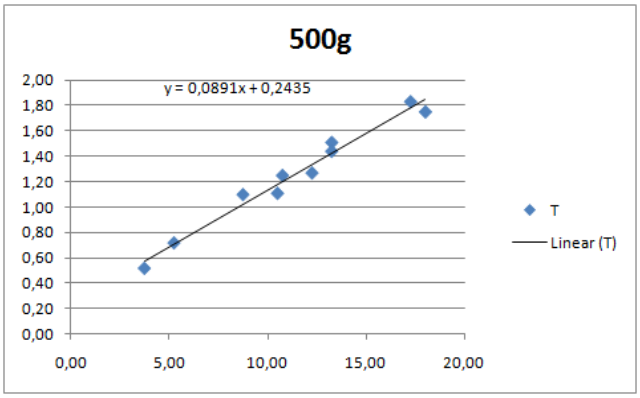
Eksperimentālo mērījumu rezultāti (piemērs):



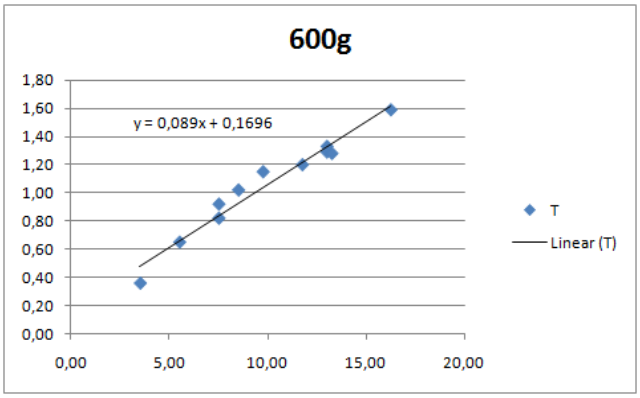


300. att. T(R), ja M = 200 g (pa kreisi) vai M = 300 g (pa labi)

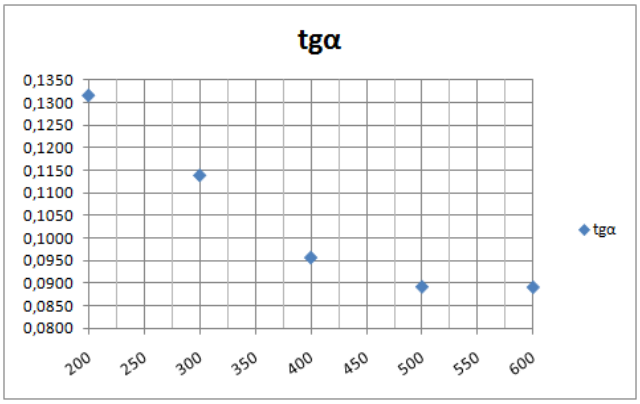


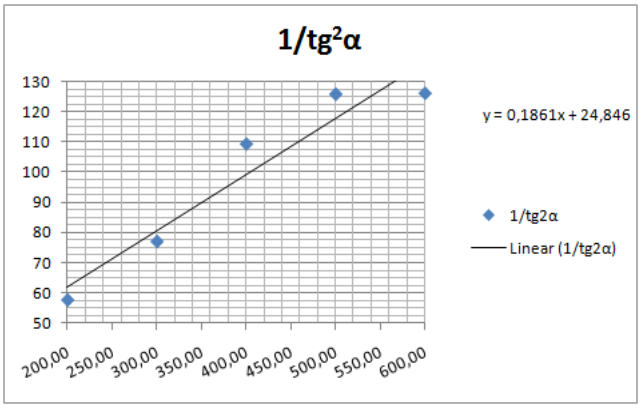


301. att. T(R), ja M = 400 g (pa kreisi) vai M = 500 g (pa labi)



302. att. T(R), ja M = 600 g

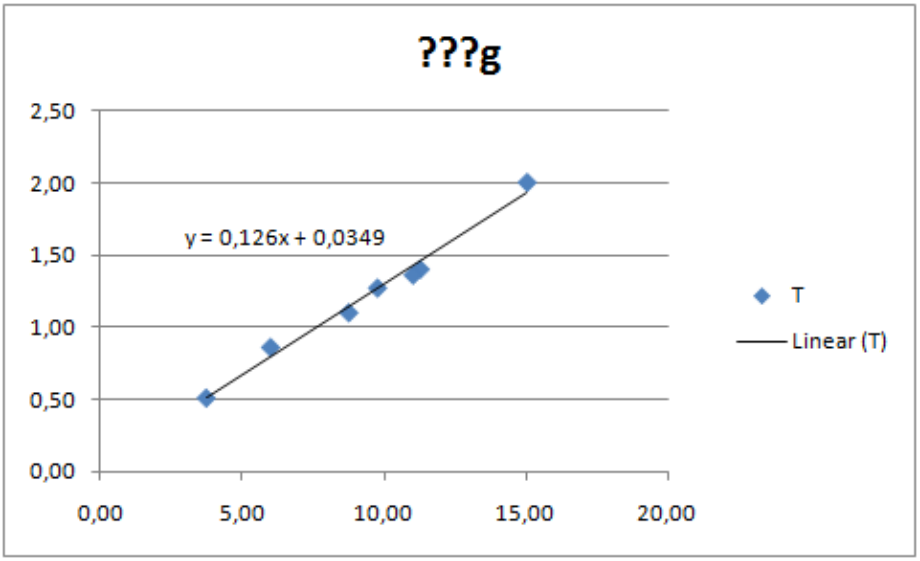




303. att. Taisnes slīpuma koeficienta atkarība no centrālā atsvara masas (pa kreisi) un linearizēts šis pašas sakarības grafiks (pa labi)

$$tg\beta = \frac{K}{4\pi^2}, K \approx 7{,}34\ \frac{cm^2}{g \cdot s^2}$$

No šī grafika arī nosaka, ka nezināmās masas atsvara masa ir ap 215 g (patiesā masa ap 260 g).



304. att. T(R) sakarība nezināmās masas atsvaram

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Gravitācija un ķermeņu kustība gravitācijas laukā. Ķermeņa svars. Gravitācijas likums.
- Ķermeņu mijiedarbība un spēki – elastības spēks, balsta reakcijas spēks. Ķermeņu kustības apraksts no dinamiskā viedokļa: Ņūtona likumi. Ķermeņu deformācijās: absolūtais un relatīvais pagarinājums, Huka likums.
- Ķermeņa kustība pa riņķa līniju: lineārais ātrums, leņķiskais ātrums, centrtieces paātrinājums. Keplera likumi.

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam jāprot:

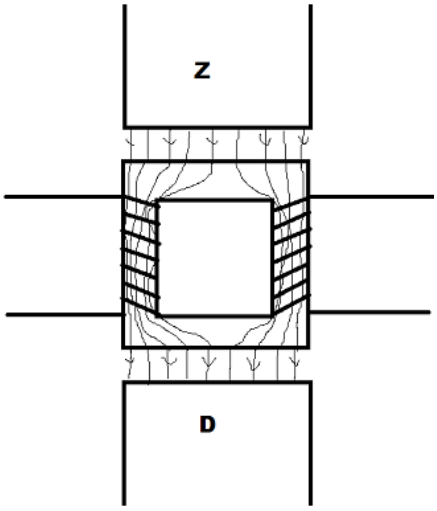
- Plānot eksperimentu, eksperimentēt, novērot, mērīt, prognozēt, noteikt lielumus, iegūt datus, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- Salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista.
- Izvērtē, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes.

V2017-12-1. TRANSFORMATORS

A Magnētiskā lauka līnijas starp magnētiem pēc transformatora ievietošanas starp tiem parādītas 305. attēlā.



305. att.

B Tā kā magnētiskā plūsma starp magnētiem nemainās, ievietojot transformatoru starp magnētiem, un tā ir vienmērīgi sadalīta starp serdes posmiem, ap kuriem aptīti vadi, magnētiskā lauka plūsmu starp katru spoli varam aprēķināt šādi:

$$\Phi_{\text{viss}} = BS = 0{,}1 \cdot 0{,}001 = 0{,}0001 \text{ Wb}$$

$$\Phi_{\text{spolei}} = \frac{\Phi_{\text{viss}}}{2} = \frac{0{,}0001}{2} = 0{,}00005 \text{ Wb}$$

$$U_{spole1} = n_1 \frac{\Delta\Phi_{\text{spole}}}{\Delta t} = 1000 \cdot \frac{0{,}00005}{0{,}001} = \mathbf{50\ V}$$

$$U_{spole2} = n_2 \frac{\Delta\Phi_{\text{spole}}}{\Delta t} = 100 \cdot \frac{0{,}00005}{0{,}001} = \mathbf{5\ V}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Cik reižu atšķiras vadu garumi tinumos?

– Cik reižu atšķiras tinumu aktīvās pretestības?

– No kā ir atkarīga spoles magnētiskā lauka indukcija?

Tā kā tinumi ir tīti vienā slānī, katras spoles vada garums ir sekojošs:

$$l_1 = 2n_1(x+y) = 2 \cdot 1000 \cdot (0{,}01 + 0{,}01) = 40 \text{ m}$$
$$l_2 = 2n_2(x+y) = 2 \cdot 100 \cdot (0{,}01 + 0{,}01) = 4 \text{ m}$$

Pirmā tinuma aktīvā pretestība ir 10 reižu lielāka, nekā otrā tinuma aktīvā pretestība:

$$R_2 = R;\ \ R_1 = 10R.$$

Kā zināms, garās spoles magnētiskais lauks ir gandrīz homogēns, un tā indukcija $B = \mu_0 In$, kur n – vijumu skaits uz garuma vienību, tātad var secināt, ka tad $B \sim nI$

Saslēdzot spoles virknes slēgumā: $I = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1+R_2} = \frac{U}{11R}$

$$B_{virknes} \sim (n_1 + n_2)I = 1100\frac{U}{11R} = \frac{100U}{R}$$

Saslēdzot spoles paralēlajā slēgumā:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{U}{10R}$$
$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{U}{R}$$
$$B_{paralēlais} \sim (n_1 I_1 + n_2 I_2) = 1000 \cdot \frac{U}{10R} + 100 \cdot \frac{U}{R} = \frac{200U}{R}$$

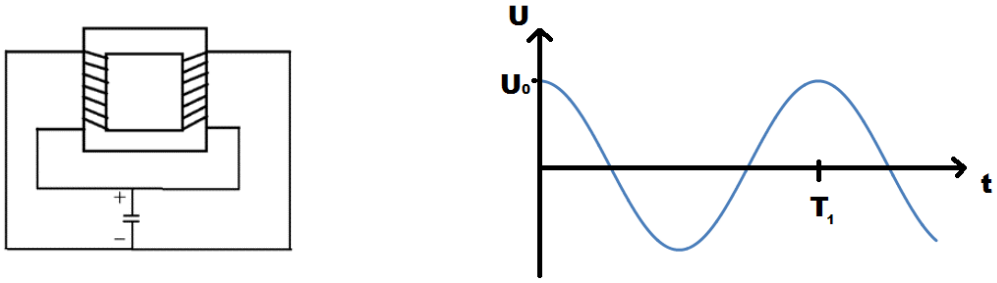
Tātad paralēlā slēgumā būs stiprāks magnētiskai lauks un indukciju attiecība

$$\frac{B_{paralēlais}}{B_{virknes}} = 2$$

D Uzvedinoši jautājumi:

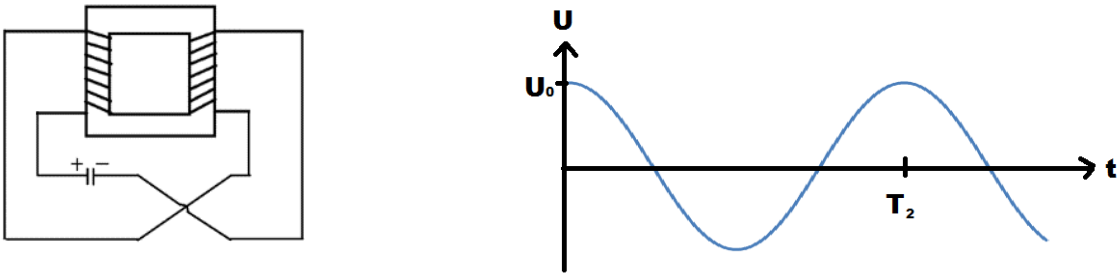
– Ko iegūst, savienojot virknē kondensatoru ar spoli?
– Kā var noteikt induktivitāti slēgumam, ko iegūst, saslēdzot divas spoles virknē?
– Kā var noteikt induktivitāti slēgumam, ko iegūst, saslēdzot divas spoles paralēli?

Pirmajā gadījumā tiks iegūts svārstību kontūrs, kur ir divi paralēli saslēgti induktori (306. att.) Otrajā gadījumā ir iegūts svārstību kontūrs, kurā abi transformatora tinumi ir saslēgti virknē (307. att.).



306. att.

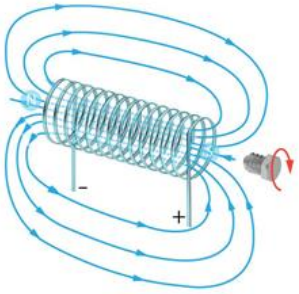
Saslēdzot divas spoles paralēli, slēguma induktivitāte samazinās: $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$, kas nozīmē, ka samazinās arī svārstību periods, jo pēc Tomsona formulas $T = 2\pi\sqrt{LC}$



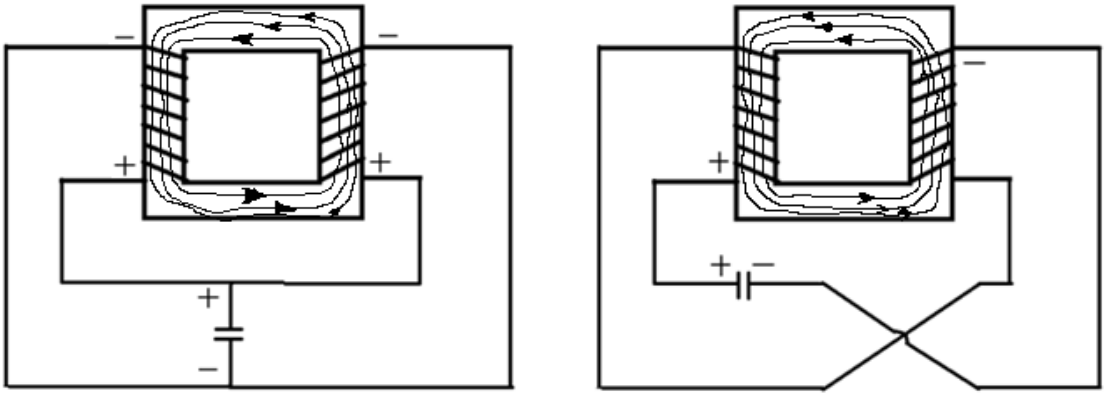
307. att.

Saslēdzot divas spoles virknē, slēguma induktivitāte pieaug: $L = L_1 + L_2$.
Palielinoties kontūra induktivitātei, svārstību periods pieaugs.

Magnētiskā lauka indukcijas līniju virzienu spolēs nosaka pēc labās vītnes skrūves likuma:



308. att. Labās vītnes skrūves likums (attēls no portāla fizmix.lv)



309. att. Magnētiskā lauka līnijas transformatora serdē katram pieslēguma veidam

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tēmās:

- Elektromagnētisms – magnētiskā lauka indukcijas līnijas (jautājumi A, D), magnētiskā plūsma, elektromagnētiskās indukcijas elektrodzinējspēks spoles vijumos (jautājums B); spoles magnētiskā lauka indukcija (jautājums C), spoles induktivitāte (jautājums D), svārstību kontūrs (jautājums D).
- Līdzstrāva – vada aktīvā pretestība, patērētāju virknes un paralēlais slēgumi (jautājums C).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes:

- interpretē informāciju no attēliem un shēmām – jautājumi A, D;
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem – jautājumi B, C;
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības – jautājums C;
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā – jautājums B;
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (grafiki, formulas, shēmas, attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju – jautājumi C, D.

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – A, B jautājums;
- salīdzina, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – C jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas, reflektē – D jautājums.

Risinot šo uzdevumu, skolēniem jāparāda izpratne par tādiem jēdzieniem kā magnētiskā lauka indukcija, magnētiskā plūsma caur kontūru, spoles induktivitāte. Jāpielieto patērētāju virknes un paralēlā slēguma likumsakarības, analizējot tinumu radīto magnētisko lauku. Jāsaprot, kā iet magnētiskā lauka indukcijas līnijas spolē un starp magnēta poliem. Jāanalizē shēmās attēlotā informācija, jākonstruē maiņsprieguma grafiki.

V2017-12-2. GRAVITĀCIJAS LAMPA

A Uzvedinoši jautājumi:

– Ko var secināt par zobratu Z_1 un Z_2 malējo punktu lineāro ātrumu?

– Kāda sakarība pastāv starp zobratu Z_1 un Z_2 zobu skaitu un rādiusu?

– Kāds fizikāls lielums ir vienāds zobratiem Z_2 un Z_3, kas ir savienoti?

Zobratiem Z_1 un Z_2 uz saskarvirsmas ir vienāds lineārais ātrums, līdz ar to
$\mathrm{v} = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f$, kur f ir frekvence.

$$f_1 n_1 = f_2 n_2,$$

jo zobratiem, kas saskaras, zobu skaits proporcionāls rādiusam. Līdzīgi zobratiem Z_3 un Z_4:

$$f_3 n_3 = f_4 n_4.$$

Zobrati Z_2 un Z_3 ir savienoti, tāpēc $f_2 = f_3$.

Apvienojot iegūstam

$$f_1 = f_4 \frac{n_2 \cdot n_4}{n_1 \cdot n_3} = \mathbf{0{,}833\ \frac{apgr}{min}}$$

B Uzvedinošs jautājums:

– Vai ar zobratu palīdzību var ietaupīt darbu?

Lineārais ātrums $\mathrm{v} = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f$.

Tad jaudu varam izteikt kā $N = v \cdot F = 2\pi frF$. Ar zobratu sistēmu, kā ar jebkuru vienkāršo mehānismu, var ietaupīt spēku, bet nevar ietaupīt darbu, un, tā kā zobrati griežas vienmērīgi, tad arī jauda tiek saglabāta:

$$f_1 r_1 F_1 = f_4 r_4 F_4$$

Spēka moments $M = rF$, tātad $f_1 M_1 = f_4 M_4$ un $M_1 = M_4 \frac{f_4}{f_1} = 0{,}04 \cdot \frac{100}{0{,}833} = 4{,}80\ \mathrm{N \cdot m}$

Tā kā $F = F_{sm} = mg$ un $r = d/2$ tad

$$m = \frac{F}{g} = \frac{M_1}{r_1 g} = \frac{4{,}80}{0{,}0525 \cdot 9{,}8} = \mathbf{9{,}33\ kg}$$

C Attālumu, ko krīt atsvars, var izteikt kā

$$h = \mathrm{v}_1 t = \pi d_1 f_1 t$$

līdz ar to

$$t = \frac{h}{\pi d_1 f_1} = \frac{2}{3{,}14 \cdot 0{,}105 \cdot 0{,}833} = \mathbf{7{,}28\ min}$$

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda ir sakarība starp rāmīša pagriešanas leņķi laikā t un rāmīšana griešanas frekvenci?

– Cik liels ir leņķis α starp kontūra ietvertā laukuma normāli un magnētiskā lauka indukcijas vektoru sākuma momentā?

Izmantojot kreisās rokas likumu, var noteikt, ka strāva plūst **pretēji diodes caurlaides virzienam**.

Pieņemsim, ka rotora kontūram pozitīvais apiešanas virziens ir pretēji pulksteņrādītāja kustības virzienam un tā normāle vērsta uz augšu (drīkst pieņemt arī pretēji). Apzīmēsim leņķi, ko veido rotora plaknes normāle ar magnētisko lauku, ar α. Sākuma momentā $\alpha = -\pi/2$.

Laikā t rotors pagriežas par leņķi: $\omega_4 t = 2\pi f_4 t$

Magnētiskā plūsma caur rotoru: $\Phi = BScos\alpha = Ba^2 \cos\left(-\frac{\pi}{2} + 2\pi f_4 t\right) = Ba^2 \sin(2\pi f_4 t)$

E Pēc elektromagnētiskās indukcijas likuma

$$EDS = -N\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = -NBa^2 \cdot 2\pi f_4 \cos(2\pi f_4 t)$$

Attiecīgi

$$EDS(0) = -NBa^2 \cdot 2\pi f_4 = \mathbf{-6{,}54\ V}$$

Šo lielumu var novērtēt arī no Φ(t) grafika, laika momentā $t = 0$

$$EDS(0) \approx -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -NBa^2 \frac{\Delta \sin(2\pi f_4 t)}{\Delta t}$$

F Uzvedinošs jautājums:

– Kā indukcijas strāvas radītā magnētiskā plūsma mijiedarbojas ar ārējo magnētisko plūsmu, kas rada šo strāvu?

Ja ģeneratorā tiek inducēta strāva, tad atbilstoši Lenca likumam šīs strāvas magnētiskais lauks rotoru bremzē. Turklāt, jo ātrāk krīt atsvars, jo stiprāka strāva tiek inducēta ģeneratorā un jo stiprāks kļūst bremzējošais spēka moments. Šī ir negatīva atgriezeniskā saite, kas krītošo atsvaru nobremzē līdz kādam konstantam līdzsvara ātrumam.

Ja palielina atsvara masu, tad, lai nobremzētu atsvaru līdz līdzsvara ātrumam, ir nepieciešams lielāks spēka moments. Tātad lielākas masas atsvars paātrināsies ilgāk un kritīs ar lielāku līdzsvara ātrumu. Attiecīgi ģenerators griezīsies ātrāk, ražos lielāku jaudu un gaismas diode spīdēs spožāk.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tēmās:

- Ķermeņu kustība – kustība pa riņķa līniju (jautājumi A, B, C, D), ceļš, laiks un ātrums vienmērīgajā taisnlīnijas kustībā (jautājums C).
- Mijiedarbība un spēki – smaguma spēks, spēka moments (jautājums B).
- Enerģija un impulss – darbs, jauda, vienkāršie mehānismi, mehānikas “zelta likums” (jautājums B).
- Elektromagnētisms – strāvas rāmīša griešanās homogēnā magnētiskajā laukā, kreisās rokas likums, magnētiskā plūsma (jautājums D), elektromagnētiskās indukcijas likums (jautājums E), pašindukcija, Lenca likums (jautājums F).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes:

- interpretē informāciju no attēliem un shēmām – jautājumi A, B, D;
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem – jautājumi A, B, C, D, E;
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā – jautājumi B, D, F;
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (grafiki, formulas, shēmas, attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju – jautājums E.

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – C, E jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, klasificē, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas, pielieto, formulē jautājumus – A, B, D, F jautājums.

Lai izprastu šo uzdevumu, skolēnam jāzina sakarība starp tādiem lielumiem kā rādiuss, periods, frekvence, lineārais ātrums. Jāanalizē tekstā un attēlos dotā informācija, lai sastādītu sakarības starp šiem lielumiem un zobratu zobu skaitu.

Jāsaprot, kādi procesi notiek, rāmītim griežoties homogēnā magnētiskajā laukā, jāizmanto sakarības starp fizikāliem lielumiem (magnētiskā lauka indukcija, rāmīša laukums, pagriešanas leņķis, strāva, laiks, indukcijas elektrodzinējspēks) procesu kvantitatīvajos un kvalitatīvajos novērtējumos.

Jānovērtē ģeneratora inducētais elektrodzinējspēks, izmantojot doto izteiksmi magnētiskās plūsmas atkarībai no laika – visvieglāk to ir izdarīt, izmantojot atvasināšanu, tomēr tiem skolēniem, kuriem skolā nav matemātiskās analīzes kurss, tiek piedāvāts arī alternatīvais novērtējuma veids.

V2017-12-3. AKUSTI-OPTISKAIS STARU NOLIECĒJS

A

$$\lambda_s = \frac{v_s}{f_s} = \frac{5000}{20 \cdot 10^6} = \mathbf{2{,}5 \cdot 10^{-4}\ m}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kā skaņas viļņa garums saistās ar difrakcijas režģa konstanti?

– Kā ir sadalīta gaismas intensitāte pēc iziešanas caur difrakcijas režģi?

Ja skaņas vilnis veido difrakcijas režģi, tad attālums starp diviem spiediena maksimumiem sakrīt ar attālumu starp difrakcijas režģa strīpām. Jeb difrakcijas režģa konstante ir vienāda ar skaņas viļņa garumu:

$$d = \lambda_s$$

Mēs zinām, ka difrakcijas režģim *m*-tajam maksimumam izpildās nosacījums:

$$d\sin\Theta_m = m\lambda$$

kur *m* var būt jebkurš naturāls skaitlis. Ja *m* = 1 iegūstam leņķi:

$$\Theta_1 = \arcsin\frac{\lambda}{\lambda_s} = \arcsin\frac{700 \cdot 10^{-9}}{2{,}5 \cdot 10^{-4}} = \arcsin\left(2{,}8 \cdot 10^{-3}\right) = \mathbf{0{,}16°}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Izvēlies divus paralēlus starus, kas iet cauri blakus esošām difrakcijas režģa strīpām. Kāda ir gājuma diference starp šiem diviem stariem pa labi un pa kreisi no difrakcijas režģa?

– Ar ko ir vienāda kopējā gājuma diference pirmajā maksimumā?

Lai iegūtu šo sakarību, jāizrēķina gājuma diferences paralēli ienākošiem stariem, kas iziet cauri blakus esošām difrakcijas režģa strīpām. Gājuma diference pirms difrakcijas režģa (kreisā pusē) ir $d \cdot \sin\varphi$, bet pēc difrakcijas režģa (labajā pusē) gājuma diference ir $d \cdot \sin\Theta_\varphi$. Kopējā gājuma diference ir šo divu gājuma diferenču summa, kas pirmajā maksimumā ir vienāda ar viļņa garumu:

$$d \cdot \sin\varphi + d \cdot \sin\Theta_\varphi = \lambda$$

Pārveidojot iegūstam:

$$\mathbf{\sin\Theta_\varphi + \sin\varphi = \frac{\lambda}{d} = \sin\Theta_1}$$

Piezīme: *Var pārliecināties, ka, ja* $\varphi = 0$*, iegūstam:* $\Theta_\varphi = \Theta_1$

D Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liela gājuma diference ir šiem paralēlajiem stariem materiālā?

– Cik liela ir gājuma diference šiem paralēlajiem stariem gaisā?

Gaismas ceļa garums vidē ir viens un tas pats, tāpēc nozīme ir tikai gaismas ceļa starpībai gaisā. Rezultātā iegūstam tādu pašu sakarību, kā iepriekšējā uzdevumā situācijai, kur $d = \lambda_s$ un $\Theta_\varphi = \varphi = \varphi_B$:

$$\boldsymbol{\Delta s = 2\lambda_s \sin\varphi_B}$$

E

$$\varphi_B = \arcsin\frac{\lambda}{2\lambda_s} = \arcsin\frac{700\cdot10^{-9}}{2\cdot2{,}5\cdot10^{-4}} = \arcsin\left(1{,}4\cdot10^{-3}\right) = \mathbf{0{,}08^\circ}$$

Piezīme: *Var ievērot, ka šis leņķis ir divas reizes mazāks par B punktā iegūto. Ja mēs mērītu leņķi starp ieejošo un izejošo staru, tad kļūdu robežās iegūtu B punkta rezultātu.*

F Uzvedinoši jautājumi:

– Cik lielu attālumu veic skaņas vilnis laikā, kurā gaismas vilnis veic vienu viļņa garumu?

– Ja skaņas vilnis ir pārvietojies par attālumu d_s starp diviem atstarotiem stariem, tad par cik lielu attālumu ir izmainījies gaismas viļņa garums?

– Kā frekvence ir saistīta ar viļņa garumu?

Gaismas viļņa garums ir attālums starp diviem sekojošiem maksimumiem. Tā kā gaismas vilnis atstarojas no kustīgas virsmas, tad pēc atstarošanās attālums starp maksimumiem izmainīsies un rezultātā izmainīsies arī viļņa garums un frekvence. Uzdevuma ietvaros atstarojošā virsma kustās uz nākošo gaismas staru, kā rezultātā viļņa garumam jākļūst īsākam.

No D jautājuma zinām, ka gājumu diference starp stariem, kuri atstarojas no diviem skaņas viļņa maksimumiem ir

$$\Delta s = 2d_s sin\varphi_B$$

kur d_s ir attālums starp šiem skaņas viļņa maksimumiem. Izvēlēsimies situāciju, kur viena gaismas viļņa perioda laikā T, skaņas vilnis veic attālumu $d_s = v_s T$ un gaismas vilnis veic attālumu, kas ir par Δs īsāks nekā, ja nebūtu notikusi atstarošanās. Tātad viļņa garums izmainās par

$$\Delta\lambda = \Delta s = -2\mathrm{v_s} T sin\varphi_B$$

Šeit lietota mīnusa "–" zīme, lai demonstrētu, ka viļņa garums samazinās, jo skaņas vilnis ir nācis pretim gaismai.

Gaismas viļņa periodu varam izrēķināt no gaismas viļņa garuma gaisā λ un gaismas ātruma gaisā c:

$$T = \frac{\lambda}{c}$$

No D punkta varam izmantot sakarību:

$$\sin\varphi_B = \frac{\lambda}{2\lambda_s}$$

Lai atbrīvotos no skaņas viļņa garuma, varam izmantot:

$$\lambda_s = \frac{\mathrm{v_s}}{f_s}$$

Apvienojot iepriekš uzrakstītās sakarības iegūstam:

$$\Delta\lambda = -2\mathrm{v_s}\frac{\lambda}{c}\cdot\frac{\lambda}{2\lambda_s} = -\mathrm{v_s}\frac{\lambda^2 f_s}{c v_s} = -\frac{\lambda^2 f_s}{c}$$

kas ir arī H jautājuma atrisinājums.

Tālāk centīsimies iegūt gaismas frekvences izmaiņu:

Izmantojot sakarības: $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda$, kur viļņa garums saistīts ar frekvenci, kā $\lambda = \frac{c}{f_0}$ un $\lambda_1 = \frac{c}{f_1}$, iegūstam:

$$\frac{c}{f_1} - \frac{c}{f_0} = \Delta\lambda = -\frac{\lambda^2 f_s}{c} = -\frac{c^2 f_s}{{f_0}^2 c} = -\frac{c f_s}{f_0^2}$$

Izdalot ar gaismas ātrumu iegūstam

$$\frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_0} = -\frac{f_s}{f_0^2}$$

$$\frac{f_0 - f_1}{f_1 \cdot \mathrm{f_0}} = -\frac{f_s}{f_0^2}$$

kur $\Delta f = f_0 - f_1$ un $f_1 \approx f_0$

Rezultātā $\boldsymbol{\Delta f = f_s = 20\ \mathrm{MHz}}$

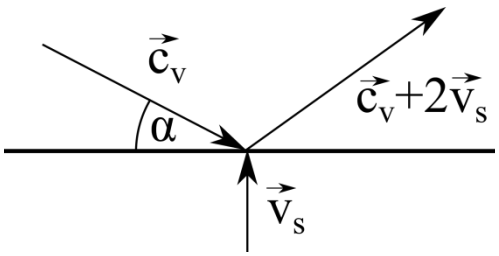
Alternatīvs risinājums:

Zemāk redzamais risinājums izmanto pieņēmumu, ka gaismas ātrums var izmainīties. Patiesībā gaismas ātrums nemainās, bet dotais risinājums ir lietojams un dod pareizu rezultātu, jo frekvences izmaiņa ir neliela un var lietot tās pašas sakarības, ko Doplera efektam skaņai.

Tā kā $\mathrm{v_s} << c$, kur c ir gaismas ātrums, tad varam izmantot Doplera nobīdes formulas bez relatīvistiskā tuvinājuma, t. i.

$$\Delta f = \frac{\Delta \mathrm{v}}{c_\mathrm{v}} f_0,$$

kur c_v ir gaismas ātrums vidē. Apskatīsim situāciju, kur lāzera stars atstarojas no kustīga spoguļa (skatīt 310. att.) Lāzera stara ātruma komponente perpendikulāri $\vec{\mathrm{v_s}}$ ir $c_\mathrm{v}\cos\alpha$. Lāzera stara ātruma komponente paralēli $\vec{\mathrm{v_s}}$ pirms sadursmes ar skaņas viļņa fronti ir $c_v\sin\alpha$, bet pēc sadursmes ir $c_\mathrm{v}\sin\alpha + 2\mathrm{v_s}$. Rezultātā pēc sadursmes gaismas viļņa ātrums būs:



310. att.

$$c_{ps} = \sqrt{(c_\mathrm{v}\cos\alpha)^2 + (c_\mathrm{v}\sin\alpha + 2\mathrm{v_s})^2} = \sqrt{c_\mathrm{v}^2 + 4\mathrm{v_s}c_\mathrm{v}\sin\alpha + 4\mathrm{v_s}^2} = c_\mathrm{v}\sqrt{1 + 4\frac{\mathrm{v_s}}{c_\mathrm{v}}\sin\alpha + 4\frac{\mathrm{v_s}^2}{c_\mathrm{v}^2}}$$

Izmantojot tuvinājumu, ka $\mathrm{v_s} << c$, varam iegūt

$$c_{pc} \approx c_\mathrm{v}\sqrt{1 + 4\frac{\mathrm{v_s}}{c_\mathrm{v}}\sin\alpha} \approx c_\mathrm{v}\left(1 + 2\frac{\mathrm{v_s}}{c_\mathrm{v}}\sin\alpha\right) = c_\mathrm{v} + 2\mathrm{v_s}\sin\alpha$$

Šeit labi redzams, ka ātruma izmaiņa ir $\Delta \mathrm{v} = 2\mathrm{v_s}\sin\alpha$. To ievietojot Doplera nobīdes formulā iegūstam:

$$\Delta f = \frac{\Delta \mathrm{v}}{c_\mathrm{v}} f_0$$

kur f_0 ir sākotnējā viļņa frekvence.

Gan α, gan c_v ir vērtības, kas ir novērojamas staram dotajā vidē. Lai pārietu uz vērtībām, kas raksturo stara uzvedību ārpus vides, izmantojam gaismas laušanas likumu $\sin\varphi_B = n\sin\alpha$ un saistību starp ātrumiem vidē un ārpus tās $nc_\mathrm{v} = c$.

Ņemot vērā, ka

$$f_0 = \frac{c}{\lambda};\quad \sin\varphi_B = \frac{\lambda}{2\lambda_s} \text{ un } \lambda_s = \frac{\mathrm{v_s}}{f_0}$$

iegūst

$$\Delta f = \frac{2\mathrm{v_s} sin\varphi_B}{c}\frac{c}{\lambda} = \frac{2\mathrm{v_s} sin\varphi_B}{\lambda} = \frac{2\mathrm{v_s}\lambda}{2\lambda_c\lambda} = \frac{\mathrm{v_s}}{\lambda_c} = f_s = \mathbf{20\ MHz}$$

G **Palielinās**, jo skaņas vilnis kustās pretī gaismas vilnim. Rezultātā viļņa garums samazinās un frekvence palielinās.

H **Uzvedinošs jautājums:**

– Kā viļņa garums ir saistīts ar frekvenci?

Samazinās par

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_B = \lambda - \frac{c}{f+\Delta f} = \lambda - \frac{c}{f}\frac{1}{1+\frac{\Delta f}{f}} \approx \lambda - \frac{c}{f}\left(1-\frac{\Delta f}{f}\right) = \lambda\frac{\Delta f}{f} = \lambda^2\frac{\Delta f}{c} = \mathbf{3{,}27\cdot 10^{-14}\,m}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas tēmā – optika:

- Viļņa ātrums, frekvence, garums (jautājumi A, F, G, H).
- Gaismas laušana un atstarošanās (jautājumi D, F, G, H).
- Difrakcijas režģis (jautājumi B, C).
- Gājumu diference un interference (jautājumi C, D, E, F, G, H).
- Doplera efekts (jautājumi F, G, H).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t. sk.

- Izmanto viļņu īpašības procesu skaidrojumam (viss uzdevums).
- Apraksta fizikālo procesu izmantojot matemātiskās likumsakarības (viss uzdevums).
- Veic matemātiskās darbības ar trigonometriskām funkcijām (jautājumi B, C, D, E, F).
- Veic darbības ar daudzkārtņiem un pakāpēm (jautājumi A, B, E, H).
- Veic aprēķinus (jautājumi A, B, E, F, H).
- Analizē kompleksus procesus (jautājums F).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- Veic vienkāršas darbības – jautājumi A, G.
- Veic darbības pēc algoritma, kombinē atsevišķus elementus – jautājumi B, E, H.
- Analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi C, D.
- Izvērtē, vispārina, teoretizē, iztēlojas – jautājums F.

Risinot šo uzdevumu skolēnam ir nepieciešams zināt viļņu optiku (un citas viļņu tēmas). Uzdevums ir ļoti matemātisks. Uzdevumā ir sākot no ļoti vienkāršiem matemātiskiem jautājumiem (kā A) līdz ļoti sarežģītiem matemātiskiem jautājumiem, kas prasa papildus matemātikas zināšanas par tuvinājumiem (kā F un H). Uzdevumā skolēnam tiek prasītas ļoti labas zināšanas par gājuma diferenci un tās saistību ar interferenci (īpaši jautājumos C, D un F). Uzdevums piemērots, lai pārliecinātos, ka skolēns ir ļoti labi sapratis difrakciju un interferenci.

V2017-12-D. KRĀSAINIE SEKTORI

1. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Kas veido lielāko daļu no eksperimenta apgaismojuma, ja garās auditorijas logi tai ir tikai aizmugurē?
– Kādam elektrotīklam ir pieslēgtas vecās lampas ar luminiscences spuldzēm pie griestiem?

Telpas apgaismojumu galvenokārt veido **luminiscences spuldzes**, kas redzamas pie griestiem. To gaisma ir mirgojoša, jo mirdzizlādes strāva tajās plūst tieši no maiņstrāvas elektriskā tīkla (caur droseli). Brīžos, kad maiņstrāvas vērtība iet caur nulles punktu un mazliet pēc tam, spuldzes spīd visvājāk. Spuldzes **rada stroboskopisko efektu**, piemēram, ja to spožākās iemirdzēšanās biežums jeb frekvence ir tuva ripas attēla atkārtošanās biežumam, kas šajā gadījumā ir ik pēc ripas pusapgrieziena, pilna apgrieziena, pusotra apgrieziena, utt.

2. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Kāda ir sprieguma forma maiņstrāvas tīklā?
– Cik lielu daļu no pusperioda tas nodrošina spuldžu spīdēšanu?
– Vai cilvēka redze paspēj pusperioda laikā veidot vairāk par vienu attēlu?

Atšķirībā no stroboskopa, kurā zibspuldze izstaro gaismu tikai īsu uzliesmojumu veidā, luminiscences spuldzes pietiekami spoži spīd lielāko daļu no katra maiņstrāvas pusperioda laika. Katrs baltais sektors šajā lielākajā daļā laika paspēj pabūt lielākajā daļā no pusapļa laukuma un atstarot no visām šīm vietām gaismu. Tā kā **cilvēka redze nav tik ātra**, lai uztvertu vairākas no šīm vietām atsevišķi, mēs redzam gaišu lielāko daļu pusapļa.

3. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Cik lielu ripas laukuma daļu aizņem baltie sektori?
– Vai luminiscences spuldzes momentā pilnīgi pārtrauc spīdēt līdz ar strāvas izbeigšanos?

Lai veidotu ripā, piemēram, astoņus gaišus un astoņus tumšus sektorus, katrs baltais sektors katrā tā kustības pusaplī būtu jāapgaismo četras reizes (četrus maiņstrāvas pusperiodus). Tā kā baltā sektora platums ir ceturtdaļa no pusapļa, pietiekami gaišs izskatīsies viss pusaplis. Arī otrs pusaplis tāpat. **Jo luminiscences spuldze pilnīgi nesatumst** pat tajos momentos, kad strāvas momentānā vērtība tajā ir nulle. **Luminiscence** turpinās un **pārklāj nākošā pusperioda sākumu**. Tāpēc nekādus sektorus ripā saskatīt nevar. Vēl lielākam šķietamo sektoru skaitam tas ir vēl neiespējamāk.

4. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Cik reizes sekundē spuldzes iespīdas maksimālajā spožumā? Ik pēc cik ilga laika tas atkārtojas? Cik liela daļa no apļa šajā laikā jānoiet katram baltajam sektoram?

Maiņstrāvas frekvence tīklā ir 50 Hz. Vienā sekundē tai ir 100 pusperiodi. Spuldze sekundē līdz maksimālajai gaismas jaudai iespīdas 100 reizes, jo strāva caur to iet pārmaiņus abos virzienos.

Lai mūsu kustīgajā ripā veidotos divi gaiši un divi tumši sektori, katram baltajam sektoram 1/100 sekundes jeb maiņstrāvas pusperiodā jānoiet pusaplis (jo abi ripas pusapļi ir identiski).

Pilns aplis ripai jāveic 1/50 sekundes. Sekundē ripai jāveic 50 apgriezieni. Minūtē ir 60 sekundes.

Minūtē ripai jāveic 50 x 60 = **3000 apgriezieni**.

5. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik reizes pusapgrieziena laikā jāapgaismo katrs baltais sektors?

– Kā jāgriežas ripai, lai spuldzes tieši tik paspētu izdarīt?

Lai kustīgā ripā veidotos **četri gaiši un četri tumši sektori**, pusaplis baltajam sektoram jāveic 1/50 sekundes jeb 2 maiņstrāvas pusperiodos. Tātad ripai jāgriežas divreiz lēnāk nekā 4. jautājumā. Tai jāveic 3000/2 = **1500 apgriezieni minūtē**.

Lai kustīgā ripā šķietami veidotos **seši gaiši un seši tumši sektori**, pusaplis baltajam sektoram jāveic 3 maiņstrāvas pusperiodu laikā. Tas nozīmē, ka ripai jāgriežas trīsreiz lēnāk nekā 4. jautājumā. Tai jāveic 3000/3 = **1000 apgriezieni minūtē**.

6. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Ar ko ir pildītas luminiscences spuldzes?

– Kādā krāsā cilvēkam izskatās šī viela mirdzizlādes laikā?

– Kāds sektors jau pēc ļoti īsa mirkļa atrodas tur, kur tikko bijis baltā sektora sākums?

– Vai tas efektīvi atstaro gaismu?

Katra maiņstrāvas pusperioda sākumā spuldzē vispirms mirdzizlādē gaismu sāk izstarot **dzīvsudraba tvaiki**. Tās redzamā daļa daļēji tiek cauri luminoforu slānim un stiklam, veidojot **zilās līnijas spuldzes spektrā**. Tās arī ir pirmās, kas apgaismo ripas baltos sektorus. Pēc mirkļa ripa jau ir pagriezusies mazliet tālāk, un šajā vietā ir nonācis **melnais sektors**, kurš gaismu neatstaro. Tāpēc šī ripas vieta izskatās zili violeta.

7. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Vai vari saskatīt, kādas krāsas seko zilajai? Kas piedalās to izstarošanā?

– Ar ko ir pārklāta spuldžu stikla sieniņu iekšpuse?

Nākošās gaišajā sektorā ir **gaiši lillā** un **gaiši rozā** krāsas. Tām seko **dzeltenā** un arī **zaļā**, kura jau iestiepjas tumšajā sektorā. Tāpēc tas izskatās tumši zaļš. Šīs pēdējās divas krāsas veido tikai **luminoforu maisījuma** izstarotās spektra līnijas. Bet lillā un rozā krāsu veidošanā tieši piedalās arī **dzīvsudrabs**. Luminoforu maisījums ir uzklāts spuldzes stikla sieniņu iekšējai virsmai.

8. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kādi viens otram sekojoši kvantu procesi norisinās luminoforu maisījumā?

– Vai katram no luminoforiem un katrai no to izstarotajām gaismas spektra līnijām tas var aizņemt atšķirīgu laiku?

– Vai cilvēks parasti paspēj uztvert šīs krāsas, kas tik ātri nomaina viena otru, atsevišķi?

– Kā to mums palīdz ieraudzīt balto sektoru pārvietošanās un melno nonākšana to vietā?

Mirdzizlādē dzīvsudraba tvaiki izstaro ultravioletās un redzamās gaismas spektra līnijas. Kā vienu, tā otru līniju gaismas kvanti var nodot savu enerģiju luminoforu maisījumam. Pateicoties tam, luminoforos

esošie elektroni var nonākt ierosinātos enerģētiskajos stāvokļos. Elektronu ierosināto enerģijas līmeņu apdzīvotības palielināšana aizņem zināmu laiku, līdz tā kļūst ievērojama.

Turklāt katram no šiem līmeņiem ir savs noteikts vidējais dzīves laiks. Elektroni nevar momentā pāriet zemākā līmenī, izstarojot gaismu. Tiem katram jāsagaida savs laiks. Tāpēc luminiscences līnijas spuldzes spektrā sasniedz maksimālo spožumu katra savā laikā. Sajaucoties savā starpā un ar dzīvsudraba mirdzizlādes spektra līnijām, tās veido maiņstrāvas pusperioda laikā mainīgu krāsu starojumu.

Ātruma dēļ nemanāmo krāsu maiņu laikā ripa savā kustībā pārvērš par atdalīšanos telpā. Maiņstrāvas pusperioda sākumā dominē dzīvsudraba tvaiku mirdzizlādes spektra redzamās gaismas līnijas, kas veido zilu krāsu. Kad baltais sektors ir pavirzījies nedaudz tālāk, tām kā pirmās pievienojas luminoforu sarkanās līnijas, kas kopā ar dzīvsudraba zilajām veido violetu krāsu. Tālāk dzīvsudraba līnijas sasniedz maksimālo spožumu. Drīz pēc tam to sasniedz arī luminofora sarkanās līnijas. Kopā tās veido gaiši lillā un gaiši rozā krāsas. Šajā brīdī baltais sektors ir jau pilnībā atstājis sākotnēji aizņemto vietu, tāpēc tajā krāsas vairs neizmainās, jo melnais sektors gaismu neatstaro. Kad dzīvsudraba zilās un arī luminoforu sarkanās līnijas kļuvušas daudz vājākas, pilnā spožumā ripu sāk apgaismot luminoforu dzeltenās līnijas. Kad arī tās savu intensitāti samazina, beidzot kļūst redzamas luminoforu zaļās līnijas, kas spīd ļoti ilgi, turpinoties arī nākamajā pusperiodā. Spuldzes spektrā tās ir pārstāvētas ļoti intensīvi, bet atsevišķi mēs tās ieraugām tikai tad, kad ierosinošā mirdzizlāde jau beigusies un baltais sektors nonācis jaunā vietā, kur to nekas cits nav apgaismojis. Tā ripas kustība luminiscences spuldzes gaismas krāsu izmaiņas laikā padara redzamas, izvēršot tās telpā.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Maiņstrāva: strāvas stipruma un sprieguma momentānās un efektīvās vērtības.
- Gaismas avota stiprums, gaismas plūsma. Virsmas apgaismojums.
- Gaismas kvanti. Fotona enerģija un impulss. Emisijas un absorbcijas spektri.

Uzdevuma atrisināšanai (izskaidrošanai) skolēnam jāprot:

- novērot, prognozēt, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- Izskaidro cēloņus, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista – 5.
- Izvērtē, prognozē, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē (paplašināta abstrakcija) – 1., 2., 3., 4., 6., 7., 8.

V2017-12-E. SPĪDDIODES

1. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Vai kondensators caur diožu bloku izlādēsies eksponenciāli? Kāpēc? Bet kā šo problēmu var atrisināt? Nav taču pieejams cits veids sprieguma kontrolei.

– Kā var izmantot papildus dotos rezistorus?

– Kā uzzināsim, kādai šuntējošā rezistora pretestībai izlādi var uzskatīt par eksponenciālu?

– Vai nevar izmēģināt visus rezistorus, slēgtus paralēli diožu modulim? Jāsaslēdz tikai shēma ērtai eksperimentu atkārtošanai!

– Vai var atrast veidu, kā rezultātus attēlot grafiski tādā mērogā, lai derīgos rezistorus pazītu pēc mērījumu nenovirzīšanās no taisnes? Vai šīs taisnes slīpums nenoderēs galīgo rezultātu aprēķināšanai?

Zināms spriegums uz baterijas poliem, kā arī likums, pēc kura spriegums mainās uz kondensatora, tam izlādējoties caur rezistoru. Tātad uzlādējam doto kondensatoru ar kapacitāti C līdz baterijas spriegumam U_{max}, pēc tam izlādējam to caur zināmu rezistoru ar pretestību R un tādejādi zinām, kāds spriegums ir katrā laika momentā pēc izlādes sākuma. Pieslēdzam kondensatoram spīddiodes moduli un nomērām laika intervālu t_{LED}, kurā spīddiode spīd kondensatora izlādes laikā.

Pieslēdzot spīddiodi, kondensators izlādējas ātrāk, jo strāva plūst arī caur spīddiodi. Tā kā aprakstītās mērījuma procedūras laikā mainās spīddiodes spīdēšanas intensitāte, tad, atbilstoši uzdevuma nosacījumiem, ievērojami mainās spīddiodes pretestība. Tāpēc spīddiodes ietekmi uz kondensatora izlādes laiku nav iespējams novērtēt vienkāršā veidā. Skaidrs, ka spīddiodes un tās strāvu ierobežojošā rezistora kopējai pretestībai ir jābūt pietiekoši lielākai par R.

Lai noskaidrotu maksimāli pieļaujamo R vērtību, veic mērījumus dažādām R vērtībām un attēlo grafiski. Ir jāiegūst lineāra sakarība, turklāt regresijas taisnei ir jāiet caur koordinātu sākumpunktu.

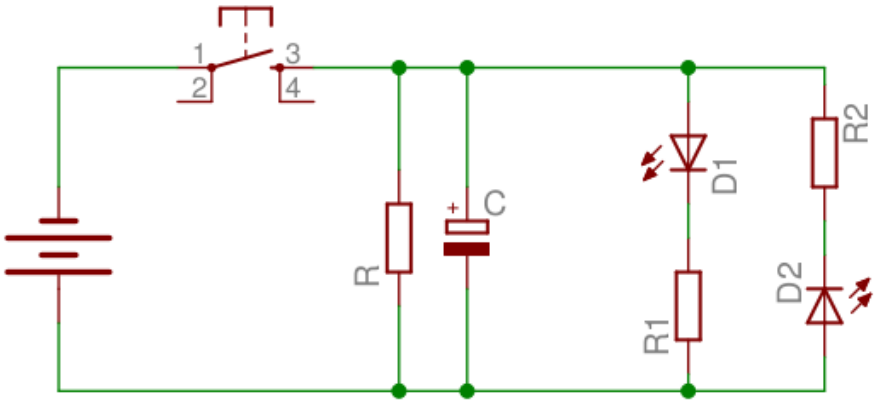
Lai pamatotu šo hipotēzi, pārveidojam vienādojumu

$$U_{LED} = U_{max}\exp\left(-\frac{t_{LED}}{RC}\right)$$

šādi

$$t_{LED} = Clog\left(\frac{U_{max}}{U_{LED}}\right)R$$

2. Saslēdzam sekojošu shēmu (311. attēls).



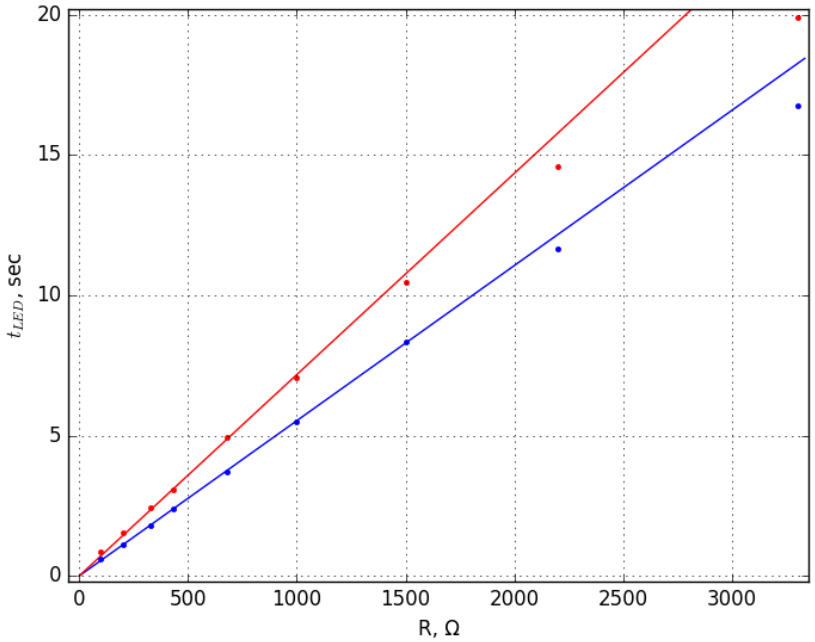
311. att.

Kad spiedpoga ir nospiesta, kondensators *C* uzlādējas līdz baterijas spriegumam. Atlaižot spiedpogu, kondensators sāk izlādēties caur rezistoru *R*. Spriegums uz tā samazinās atbilstoši uzdevuma nosacījumos dotajam likumam

$$U(t) = U_{max}\exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$$

līdz brīdim $t = t_{LED}$, kad tā vērtība sasniedz U_{LED} un kad spīddiode D1 pārstāj spīdēt.

3. 4. Mērījumu rezultātu piemērs dots pievienotajā grafikā (skat. 312. att.).



312. att.

Kā redzams, zilajai spīddiodei lineāra sakarība saglabājas līdz *R* = 1,5 kΩ, bet sarkanajai līdz *R* = 1,0 kΩ. To nosaka izmantotie strāvu ierobežojošie rezistori. Lielākām *R* vērtībām novērojam spīddiodes ķēdes ietekmi uz kondensatora izlādes laiku. Izlādes laiks ir mazāks, nekā tas būtu, ja spīddiode nebūtu pieslēgta.

5. Izvēlamies tikai tos mērījumu punktus, kur *R* ir pietiekami mazs. Caur šiem punktiem velkam taisni, kas iet caur koordinātu sākumpunktu. Šīs taisnes slīpuma koeficients ļauj izrēķināt meklēto spriegumu.

$$t_{LED} = kR$$

kur

$$k = Clog\left(\frac{U_{max}}{U_{LED}}\right)R$$

Tātad

$$U_{LED} = U_{max}\exp\left(-\frac{k}{C}\right)$$

Iegūtie rezultāti apkopoti tabulā.

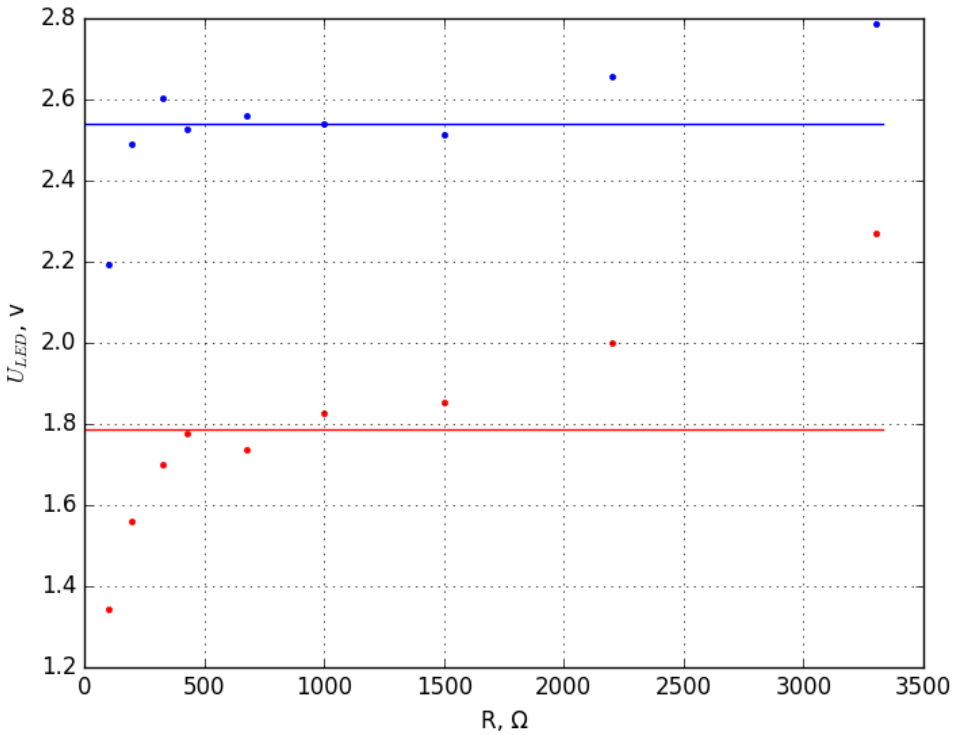
zilā spīddiode	$k = 5{,}53\cdot10^{-3}$	$U_1 = 2{,}53$ V
sarkanā spīddiode	$k = 7{,}18\cdot10^{-3}$	$U_1 = 1{,}78$ V

6. Novērtējot iegūtā rezultāta kļūdu, jāņem vērā sekojoši momenti:

- *k* noteikšanas precizitāte, ieskaitot cilvēka reakcijas precizitāti.
- Baterijas reālais spriegums. Olimpiādē būs baterijas tikko kā no veikala.
- Rezistoru precizitāte. Centāmies visos komplektos likt rezistorus no vienas sērijas, bet ne visur tas tā ir sanācis.
- Kondensatora kapacitātes precizitāte.

Alternatīvie risināšanas veidi

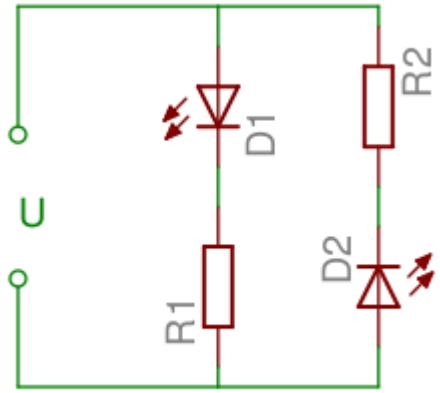
Katram mērījumam ar savu *R* rēķina atbilstošo U_{LED}. Šādi apstrādājot iepriekš dotos datus, iegūstam sekojošus grafikus (313. attēls). Mazām *R* vērtībām, visticamāk, ir liela laika mērījuma relatīvā kļūda. Kāpēc atmest lielos *R*? Tur ar interpretāciju nav tik spīdoši, kā ar jau aprakstīto metodi.



313. att.

Pielikums vērtētājiem

Referencei spīddiožu pretestības mērījumi ar komplektu, kur $R_1 = R_2 = 1{,}8$ kΩ. Pieliekam spriegumu *U* un mērām patērēto strāvu.



314. att.

Vispirms sarkanā spīddiode

U(V)	I(mA)	R(kΩ)	U_{LED}(V)	R_{LED}(kΩ)
6	2,3	2,6	1,86	0,81
5	1,75	1,9	1,85	1,06
4	1,2	3,3	1,84	1,53
3	0,66	4,5	1,81	2,75
2	0,137	14,6	1,75	12,80
1,75	0,035	50,0	1,69	48,20
1,7	0,021	81,0	1,66	79,15
1,65	0,010	165,0	1,63	163,20
1,6	0,004	400,0	1,59	398,20

Tālāk zilā spīddiode

U(V)	I(mA)	R(kΩ)	U_{LED}(V)	R_{LED}(kΩ)
6	1,677	3,6	2,98	1,78
5	1,174	4,3	2,89	2,46
4	0,677	5,9	2,78	4,11
3	0,202	14,9	2,64	13,05
2,9	0,150	19,3	2,63	17,53
2,8	0,114	24,6	2,59	22,76
2,7	0,074	33,5	2,57	34,69
2,6	0,035	74,3	2,54	72,49
2,5	0,010	250,0	2,48	248,20
2,4	0,001	2400,0	2,40	2398,20

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Fizikāli mērījumi un mērvienības. Eksperimenta plānošana, datu apstrāde un analīze.
- Elektriskā kapacitāte, kondensatori. Elektriskais spriegums. Elektriskās strāvas stiprums. Oma likums ķēdes posmam un noslēgtai ķēdei. Elektriskā strāva dažādās vidēs. Elektroenerģijas patērētāju slēgumi. Rezistoru virknes, paralēlais un jauktais slēgums. Elektriskās strāvas vadītāju voltampēru raksturlīknes.

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam jāprot:

- Plānot eksperimentu, eksperimentēt, novērot, mērīt, prognozēt, noteikt lielumus, iegūt datus, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- Salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, pielieto, formulē jautājumus (savstarpēja saistība).
- Izvērtē, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē (paplašināta abstrakcija).

2017./2018. mācību gads – Latvijas 68. fizikas olimpiāde

Novada olimpiāde – 2018

9. klase

N2018-9-1. VIENA DIENA KUSTĪBĀ

1.

A **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik ilgi ilgst katrs posms?

– Cik lielu attālumu Leo veic katrā posmā?

Leo pārvietojas visātrāk posmā **AB**, jo šajā posmā visīsākajā laikā veic vislielāko attālumu.

Posms	Laiks, min	Attālums, m
OA	2,5	750
AB	1,5	750
BC	2	500

B Leo veikto attālumu kustības pirmajās piecās minūtēs nolasa no grafika: s = 1750 m

$$v_{vid} = \frac{s}{t} = \frac{1750}{5} = 350\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

C

$$v_{OB} = \frac{s_{OB}}{t_{OB}} = \frac{1500}{4} = 375\ \frac{\text{m}}{\text{min}} \qquad v_{AC} = \frac{s_{AC}}{t_{AC}} = \frac{1250}{3{,}5} = 357\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Tātad $v_{OB} > v_{AC}$ (**lielāks**).

D

$$v_1 = 250\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$$
$$v_2 = 400\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$t_1 = \frac{s}{v_1} = \frac{1000}{250} = 4\ \text{min}$$
$$t_2 = \frac{s}{v_2} = \frac{1000}{400} = 2{,}5\ \text{min}$$
$$t = t_1 - t_2 = 4 - 2{,}5 = 1{,}5\ \text{min} = \mathbf{90\ s}$$

2.

A **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kā mainās Leo ātrums bremzēšanas procesā? Kāda ir kustība – vienmērīga, palēnināta vai paātrināta?

– Kā katru kustības minūti mainās Leo veiktais attālums bremzēšanas procesā?

Kad Leo bremzēja, kustība bija palēnināta, tātad laikam ejot veiktais attālums samazinās, turklāt katru minūti par citu attālumu. Šim nosacījumam atbilst grafiks **A**.

B **Uzvedinoši jautājumi:**
– Kāda ir kustība – vienmērīga, palēnināta vai paātrināta?
– Kas notiek kustības beigās?

Leo bremzēja un beigās apstājās, tātad, laikam ejot, ātrums samazinājās līdz nullei. Šim nosacījumam atbilst grafiks **C**.

3.
A Ja brauc ar vienu un to pašu vidējo ātrumu un veic vienu un to pašu attālumu, tad velosipēds, kurš jāmin straujāk ir tas, kuram ir mazāki riteņi, šajā gadījumā **pilsētas velosipēds**.

B Viena apgrieziena laikā ritenis nobrauc attālumu, kas vienāds ar riņķa līnijas garumu: $l = 2\pi R = \pi D$

Pēc $N = 100$ apgriezieniem Beāte būs nobraukusi:

$$s_B = N \cdot l_B = N \cdot \pi D_B = 100 \cdot 3{,}14 \cdot 20 \cdot 0{,}0254 = 159{,}5 \text{ m} \approx 160 \text{ m}$$

Pēc $N = 100$ apgriezieniem Leo būs nobraucis:

$$s_L = N \cdot l_L = N \cdot \pi D_L = 100 \cdot 3{,}14 \cdot 28 \cdot 0{,}0254 = 223 \text{ m}$$

Leo būs priekšā Beātei par

$$\Delta s = s_L - s_B = 223 - 160 = \mathbf{63\ m}$$

C Lai Leo nokļūtu līdz skolai, viņa ritenim jāveic apgriezieni:

$$N_L = \frac{s}{l_L} = \frac{s}{\pi D_L}$$

Lai Beāte nokļūtu līdz skolai, viņas ritenim jāveic apgriezieni:

$$N_B = \frac{s}{l_B} = \frac{s}{\pi D_B}$$

Līdz ar to

$$k = \frac{N_B}{N_L} = \frac{s}{\pi D_B} \cdot \frac{\pi D_L}{s} = \frac{D_L}{D_B} = \frac{28}{20} = \mathbf{1{,}4\ reizes}$$

4. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Cik liels ir attālums no skolas līdz mājai?
– Cik ilgā laikā Leo atbrauca no skolas līdz mājai? Cik lielu attālumu Beāte bija veikusi šajā laikā?
– Cik lielu attālumu nobrauca Beāte līdz Leo taurītes radītā skaņa sasniedza Beāti? Cik liels attālums bija palicis līdz mājām?

Attālums no mājas līdz skolai ir s = 2000 m (nolasām no grafika).

Leo līdz mājām atbrauca $t = s/v_L = 2000/400 = 5$ minūtēs
Beāte šajā laikā bija nobraukusi $s_B = v_B t = 250 \text{ x } 5 = 1250$ m

Tā kā Beāte brauca pretī skaņai, tad $x_1 + x_2 + s_B = s$, no kurienes $x_1 = s - s_B - x_2$

Beātes ātrums SI vienībās:

$$v_B = 250\,\frac{\text{m}}{\text{min}} = \frac{250}{60} = 4{,}2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Laika posmā t_1, kas ir pagājis starp momentu, kad Leo pasignalizēja ar taurīti un momentu, kad Beāte izdzirdēja skaņu, skaņa veica attālumu $x_1 = v_{sk}t_1$, bet Beāte – attālumu $x_2 = v_B t_1$.

Tātad $\frac{x_1}{v_{sk}} = \frac{x_2}{v_B}$

Attālums, ko Beāte nobrauca līdz sadzirdēja skaņu:

$$\frac{x_2}{v_B} = \frac{s - s_B - x_2}{v_{sk}}$$

$$x_2 \cdot \left(\frac{1}{v_B} + \frac{1}{v_{sk}}\right) = \frac{s - s_B}{v_{sk}}$$

$$x_2 = \frac{(s - s_B)\cdot v_B}{v_{sk} + v_B} = \frac{(2000 - 1250)\cdot 4{,}2}{343{,}3 + 4{,}2} = 9{,}1\ \text{m}$$

Tātad Beāte izdzirdēja skaņu, kad līdz mājai bija atlikuši $x_1 = s - s_B - x_2 = 2000 - 1250 - 9{,}1 =$ **740,9 m**

B Uzvedinoši jautājumi:

– Vai attālums, ko skaņa veic katru sekundi mainās vai nemainās?

– Kā mainās attālums, kas skaņai jāveic, ja skaņas uztvērējs pārvietojas?

Laika intervāls **samazināsies**, jo Beāte brauc pretī skaņas izplatīšanās virzienam.

Alternatīvais risinājums:

To var izrēķināt arī skaitliski. Pieņemsim, ka Beāte izdzirdēja skaņu laika brīdī $t = 0$. Nākamreiz viņa izdzirdēja skaņu pēc laika $T`$. Pa šo laiku viņa paspēja nobraukt attālumu $v_B T`$, bet otrais skaņas impulss veica attālumu $v_{sk} T`$. Tā kā sākumā starp diviem skaņas impulsiem (tātad arī starp Beāti un otro impulsu) bija attālums $v_{sk} T$, var rakstīt, ka $v_{sk} T = v_B T` + v_{sk} T`$, no kurienes

$$T` = T\,\frac{v_{sk}}{v_{sk} + v_B} < T$$

Ieliekot skaitļus iegūst, ka $T`$ = 0,988 s

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos – vienmērīga kustība (1., 3B, 3C un 4. jautājums), vienmērīgi paātrināta kustība (2. jautājums), rotācijas kustība (3. jautājums) un skaņas izplatīšanās (4. jautājums):

- vidējais ātrums (1B un 1C jautājums), ātrums vienmērīgā kustībā (1A, 1D, 2B, 4A), pārvietojums (2A, 3B, 3C, 4A);
- riņķa līnijas garums (3.), frekvence (3A), apgriezienu skaits (3B, 3C).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- nolasīt datus no grafika (1A, 1B, 1C, 4A);
- analizēt kustības grafiku (1A, 2.);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (1A, 2., 3A, 4.);
- pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (1D, 3B, 4A);

- saistīt SI un ārpussistēmas mērvienības (3B);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (3C, 4A);
- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskas likumsakarības (3B);
- veikt aprēķinus (1B, 1C, 1D, 3B, 3C, 4A).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- aprakstīt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1B, 1C, 1D un 3. jautājums;
- salīdzināt, skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – 1A, 2. un 4. jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par vienmērīgas kustības raksturlielumiem un tos saistošajām likumsakarībām, par vienmērīgi paātrinātu kustību, par rotācijas kustībā riteņa veiktā ceļa saistību ar apgriezieniem. Skolēnam jāprot analizēt kustības grafikus, salīdzināt kustības raksturlielumus aplūkotajās situācijās. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, saistot arī ārpussistēmas mērvienības – collas – ar SI sistēmu, aprakstīt kustību izmantojot atbilstošās sakarības, izteikt fizikālos lielumus, apvienojot vairākas sakarības, veikt aprēķinus.

N2018-9-2. LODĪTE ŪDENĪ

1.

A $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{\pi D^3}{6} = \frac{3{,}14\cdot(1{,}5\cdot10^{-2})^3}{6} = 1{,}767\cdot10^{-6}$ m^3

$F_{sm} = mg = \rho_1 Vg = 1100 \cdot 1{,}767\cdot10^{-6} \cdot 9{,}8 =$ **0,0190 N**

B $F_A = \rho_0 Vg = 1000 \cdot 1{,}767\cdot10^{-6} \cdot 9{,}8 =$ **0,0173 N**

C F_{sm} = 0,0190 N (skat. risinājumu A jautājumā); F_A = 0,0173 N (skat. risinājumu B jautājumā)
Lodīte atrodoties trauka apakšā, iedarbojas uz trauka dibenu ar spēku:
$F = F_{sm} - F_A$ = 0,0190 – 0,0173 = **0,0017 N**

2.

A **Uzvedinoši jautājumi:**
– Kas veido šķīdumu? No kā ir atkarīgs šķīduma blīvums?
– Kā šķīduma masa ir atkarīga no šķīduma sastāvdaļu masas?
– Kā šķīduma tilpums ir atkarīgs no šķīduma sastāvdaļu tilpuma?
– Cik liels ir sāls efektīvais blīvums (šķīduma tilpuma maiņa, pieberot vienu sāls masas vienību)?
– Kā var noteikt šķīduma blīvumu pie noteiktas piebērtā sāls masas?

Šķīduma blīvums $\rho = \frac{m_{šķ}}{V_{šķ}} = \frac{m+m_0}{V_s+V_0} = \frac{m+m_0}{\frac{m}{\rho_s}+V_0}$, kur m ir piebērtā sāls masa, $m_0 = \rho_0 V_0$ ir ūdens masa, ρ_s = 3,31 g/cm^3 ir sāls efektīvais blīvums (šķīduma tilpuma maiņa, pieberot vienu sāls masas vienību) un V_0 ir meklētais ūdens tilpums.

$$m + \rho_0 V_0 = m\frac{\rho}{\rho_s} + \rho V_0$$
$$m\left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right) = V_0(\rho - \rho_0)$$

$$V_0 = \frac{m\left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{(\rho - \rho_0)} = \frac{m(\rho_s - \rho)}{\rho_s(\rho - \rho_0)}$$

Nolasot no grafika šķīduma blīvumu pie kādas noteiktas piebērtā sāls masas, var aprēķināt sākotnēji traukā ielietā ūdens tilpumu.

Piemēram, ja m = 270 g, tad ρ = 1,12 g/cm^3.

$$V_0 = \frac{m(\rho_s - \rho)}{\rho_s(\rho - \rho_0)} = \frac{270 \cdot (3{,}31 - 1{,}12)}{3{,}31 \cdot (1{,}12 - 1{,}00)} \approx 1490 \text{ cm}^3 = \mathbf{1{,}5\ l}$$

B Lodīte sāks uzpeldēt, kad šķīduma blīvums ρ būs vienāds ar lodītes materiāla blīvumu ρ_1. No grafika nolasām, ka šķīduma blīvums ρ = 1,10 g/cm^3 būs, ja tiks piebērts m_{min} = **225 g** sāls.

3.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kā mainās šķīduma blīvums, palielinoties sāls masai?

– No kādiem fizikāliem lielumiem ir atkarīgs šķīduma spiediens?

– Vai var būt situācija, kad šķīdums nerada spiedienu uz trauka dibenu?

Pieņemot (labā tuvinājumā), ka palielinoties piebērtā sāls masai m, blīvums ρ palielinās lineāri, spiediens $p = \rho g h$ arī palielinās lineāri no sākuma nenulles vērtības $p = \rho_0 g h$. No dotajiem grafikiem, aprakstītajai situācijai atbilst grafiks **D**.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Vai uz lodīti, kas pilnībā iegrimusi šķīdumā peld, darbojas Arhimēda spēks?

– Kas notiek ar lodīti, kas pilnībā iegrimusi šķīdumā peld, kad šķīdumā pakāpeniski tiek piebērts sāls? Kā mainās spēki, kas darbojas uz lodīti šajā procesā?

– Kādi spēki darbojas uz lodīti, kad lodīte uzpeld?

Sākumā, kamēr lodīte ir šķīdumā pilnībā iegrimusi, Arhimēda spēks $F_A = \rho g V$, t. i., spēks pakāpeniski pieaug proporcionāli piebērtā sāls masai. Kad nav piebērts sāls, t. i. m = 0, uz lodīti ūdenī darbojas Arhimēda spēks, t. i. $F_A \neq 0$.

Kad lodīte uzpeld, Arhimēda spēks pilnībā kompensē smaguma spēku, līdz ar to grafiks ir taisne, kas ir paralēla m asij. Lodīte uzpeld, kad m = 225 g (skat. 2B punkta risinājumu). No dotajiem grafikiem, aprakstītajai situācijai atbilst grafiks **C**, kurā ir redzami abi minētie posmi.

C Uzvedinoši jautājumi:

– Pie kādiem nosacījumiem šķīdumā pilnībā iegremdēta lodīte iedarbosies ar spēku uz trauka dibenu?

– Kāds spēks darbojas uz lodīti, kamēr tā ir nogrimusi un atrodas trauka apakšā?

Kamēr lodīte ir nogrimusi un atrodas uz trauka dibena $F = F_{sm} - F_A$, t. i. spēks samazinās proporcionāli piebērtā sāls masai m līdz nullei (skat. 3A).

Kad lodīte ir uzpeldējusi, tā uz trauka dibenu tieši vairs nespiež, līdz ar to $F = 0$. No dotajiem grafikiem, aprakstītajai situācijai atbilst grafiks **A**.

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kur atrodas lodītes centrs, kad lodīte pilnībā iegrimusi atrodas uz trauka dibena?

– Kā mainās lodītes centra atrašanās vieta, kad lodīte peld atšķirīgos (atkarībā no piebērtā sāls daudzuma) dziļumos?

– Kur atradīsies lodītes centrs, kad lodīte peldēs daļēji iegrimusi šķidrumā? Vai šajā situācijā lodītes centra atrašanās vietu ietekmēs šķīdumā piebērtā sāls masa?

- Kamēr lodīte atrodas uz trauka dibena, tās centra pozīcija virs trauka dibena $x = D/2 \neq 0$ ir konstanta.
- Kad piebērtā sāls masa $m = m_{min}$, lodīte var peldēt jebkurā dziļumā, līdz ar to tā līdzsvara pozīcija x, stingri sakot, nav definēta.
- Kad $m > m_{min}$, lodīte peld daļēji iegrimusi šķīdumā tā, ka Arhimēda spēks kompensē lodītes smaguma spēku. Jo lielāka ir izšķīdinātā sāls masa, jo lielāks ir šķīduma blīvums. No otras puses $F_{sm} = \rho g V_{issp}$, kas nozīmē, ka, lai vienādība saglabātos, izspiestajam tilpumam ir jāsamazinās, kas, savukārt nozīmē, ka lodīte šķīdumā pacelsies. Skaidrs, ka lodīte nevar pacelties vairāk par $D/2$ virs ūdens līmeņa (citādi tā vairs nepeldēs šķīdumā, bet lidos virs tā), līdz ar to $x(m)$ grafiks ir ierobežots no augšas. No dotajiem grafikiem, aprakstītajai situācijai atbilst grafiks **F**.

4. Lodītei peldot, $F_A = F_{sm}$, kas nozīmē, ka $\rho g V_{izsp} = \rho_1 g V_l$.
Pēc uzdevuma nosacījuma $V_{izsp} = 0{,}98 V_l$
Tādējādi iegūst $0{,}98 \rho V_l = \rho_1 V_l$ jeb $\rho = \frac{\rho_1}{0{,}98} = \frac{1{,}1}{0{,}98} = 1{,}122 \ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
No grafika nolasa, šādam šķīduma blīvumam ρ = 1,122 g/cm^3 atbilstošo sāls masu m = **277 g**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā – spēks un mijiedarbība:

- Arhimēda spēks (1B, 3B, 4.), smaguma spēks (1A, 3D, 4.), blīvums (1A, 2A, 3A), peldēšanas nosacījumi (2B, 3B, 3C, 3D, 4.), kopspēks (1C, 3C) un spiediens (3A).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskas likumsakarības (1A, 1C);
- nolasīt datus no grafika (2A, 2B, 4.);
- analizēt grafiku (3.);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (1C, 2., 3.);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (2A, 4.);
- modelēt procesu (3.);
- pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (1A, 1B, 2A);
- veikt aprēķinus (1., 2A, 4.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt, veikt vienkāršu darbību – 1B jautājums;
- definēt, aprakstīt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1A, 1C, 2B un 4. jautājums;

- skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – 3A, 3B un 3C jautājums;
- izvērtēt un vispārināt – 2A un 3D jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par spēkiem, kas darbojas uz šķidrumā iegremdētu lodīti, par peldēšanas nosacījumiem, par šķidruma spiediena atkarību no šķidruma dziļuma. Skolēnam jāprot analizēt grafikus, nolasīt datus no grafikiem un identificēt situācijai atbilstošos grafikus. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, aprakstīt spēkus, kas darbojas uz lodīti šķidrumā, izmantojot atbilstošās sakarības, izteikt fizikālos lielumus, apvienojot vairākas sakarības, veikt aprēķinus.

N2018-9-3. ZIEMAS PĀRGĀJIENS

1.

A Uzsildītā ūdens masa $m_{\text{ū}} = \rho_{\text{ū}} V_{\text{ū}}$.

Ūdenim sildīšanas procesā pievadītais siltuma daudzums:

$$Q = c_{\text{ū}} m_{\text{ū}} \Delta T = c_{\text{ū}} \rho_{\text{ū}} V_{\text{ū}} (T_2 - T_1) = 4{,}2 \cdot 1000 \cdot 0{,}004 \cdot (95 - 5) = \mathbf{1512\ kJ}$$

B Siltuma daudzums, ko iegūst sadedzinot benzīnu deglī $Q = qm_b$. Lai iegūtu ūdens sildīšanai nepieciešamo siltuma daudzumu *Q* = 1512 kJ (skat. 1A risinājumu), nepieciešamā benzīna masa $m_b = \frac{Q}{q}$.

Sadedzinātā benzīna tilpums

$$V_b = \frac{m_b}{\rho_b} = \frac{Q}{q\rho_b} = \frac{1512}{44 \cdot 10^3 \cdot 700} = 4{,}9 \cdot 10^{-5}\text{m}^3 = \mathbf{0{,}049\ \boldsymbol{l}}$$

2.

A **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kur tiek patērēts viss no benzīna degļa iegūtais siltuma daudzums, ja neņem vērā katla siltumietilpību un siltuma zudumus?

– Kā nosaka siltuma daudzumu, kas nepieciešams kādas ūdens masas sasildīšanai no 10 °C līdz vārīšanās temperatūrai?

– Kā nosaka siltuma daudzumu, kas nepieciešams tās pašas ūdens masas iztvaicēšanai?

Uzdevuma nosacījumos tiek pieņemts, ka varam neņemt vērā katla siltumietilpību un siltuma zudumus, t. i., viss siltuma daudzums, kas tiek iegūts no benzīna degļa, aiziet ūdens sildīšanai.

15 minūšu laikā tiks patērēts siltuma daudzums ūdens sasildīšanai no 10 ˚C līdz vārīšanās temperatūrai 100 ˚C: $Q_s = c_{\text{ū}} m \Delta T$, kur ΔT = 90 ˚C. Ūdens masa *m* nav zināma.

$$Q_s = 4{,}2 \cdot 10^3 \cdot m \cdot 90 = 378\,000 \cdot m\ \text{(J)}$$

Viss ūdens pilnībā iztvaikoja, t. i., iztvaikoja tā pati ūdens masa *m*, kas nav zināma.

Siltuma daudzums, kas nepieciešams, lai pilnībā iztvaicētu ūdeni: $Q_i = L \cdot m = 2\,260\,000 \cdot m\ \text{(J)}$

Tātad $\boldsymbol{Q_i > Q_s}$

Atbilde: **Siltuma daudzums, kas tika patērēts ūdens iztvaicēšanai.**

B Uzvedinoši jautājumi:

– Ko nozīmē, ka benzīna deglim ir konstanta jauda?

– Kā nosaka siltuma daudzumu, ko ūdens saņems no degļa vienas minūtes laikā, ja zināms, ka ūdens sildīšanai deglis tika darbināts 15 minūtes?

– Kā nosaka siltuma daudzumu, kas nepieciešams tās pašas ūdens masas iztvaicēšanai?

Deglim ir konstanta jauda, tas nozīmē, ka vienādos laika sprīžos tas rada vienādu siltuma daudzumu.

Vienas minūtes laikā ūdens saņem no degļa siltuma daudzumu

$$Q_{1min}=\frac{c_{\text{ū}}m\Delta T}{t_s}$$

Siltuma daudzums, kas nepieciešams, lai pilnībā iztvaicētu ūdeni: $Q_i = L \cdot m$

Lai pilnībā iztvaicētu ūdeni, kas ir sasildīts līdz 100 °C temperatūrai, nepieciešamais laiks

$$t = \frac{Q_i}{Q_{1min}} = \frac{Lmt_s}{c_{\text{ū}}m\Delta T} = \frac{Lt_s}{c_{\text{ū}}\Delta T} = \frac{2{,}26 \cdot 10^6 \cdot 15}{4{,}2{\cdot}10^3{\cdot}90} = \mathbf{90\ min}$$

3.

A $Q_{dz} = c_{dz}m_{dz}\Delta T = 0{,}46 \cdot 10^3 \cdot 1{,}2 \cdot 100 = 55\,200\ \text{J} = \mathbf{55{,}2\ kJ}$

B Vispirms ir jāizkausē slapjā sniegā esošie ledus kristāli, kas veido 80% no sniega masas, tad iegūtais ūdens (8 kg) ir jāsasilda līdz vārīšanās temperatūrai.

$$Q_{\text{ū}} = 0{,}8m\lambda + c_{\text{ū}}m\Delta T = 0{,}8 \cdot 8 \cdot 330 + 4{,}2 \cdot 8 \cdot 100 = \mathbf{5472\ kJ}$$

C Tā kā Q = 5527 kJ ir 60% no benzīna degļa radītā siltuma daudzuma, tad kopējais šajā procesā benzīna degļa radītais siltuma daudzums ir

$$Q_{kop} = \frac{Q}{0{,}6}$$

No otras puses $Q_{kop} = qm_b$, tātad sadedzinātā benzīna masa ir $m_b = \frac{Q_{kop}}{q}$

un tilpums $V = \frac{m_b}{\rho_b} = \frac{Q_{kop}}{q\rho_p} = \frac{Q}{0{,}6q\rho_b} = \frac{5527}{0{,}6{\cdot}44{\cdot}10^3{\cdot}0{,}7{\cdot}10^3} = 2{,}99 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^3 = \mathbf{0{,}3\ \textit{l}}$

4.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kādu procesu norisei tika patērēts siltuma daudzums, kurš tika iegūts ūdenim atdziestot no 30 °C līdz 15 °C?

– Kā var noteikt ledus kristāliņu masu, zinot kādu procesu norisei tika patērēts siltuma daudzums, kas tika iegūts ūdenim atdziestot?

– Cik liela ir ūdens masa, kas sākotnēji bija palikusi katlā pēc ūdens vārīšanas tējai?

– Kā var noteikt slapjā sniegā esošā ūdens masu?

Lai atrisinātu šo uzdevumu, jāuzraksta siltuma bilances vienādojums.

Siltuma daudzums, kurš tika iegūts ūdenim atdziestot no 30 °C līdz 15 °C, tika patērēts slapjā sniegā esošo ledus kristāliņu izkausēšanai, kā arī kušanas rezultātā iegūtā ūdens un slapjā sniegā esošā ūdens sasildīšanai no 0 °C līdz 15 °C.

$$c_{\text{ū}} m_{\text{ū}} \Delta T_1 = \lambda m_l + c_{\text{ū}} m_s \Delta T_2$$

Ledus kristāliņu masa:

$$m_l = \frac{c_{\text{ū}} m_{\text{ū}} \Delta T_1 - c_{\text{ū}} m_s \Delta T_2}{\lambda}$$

Sākumā ūdens masa katliņā: $m_{\text{ū}} = \rho_{\text{ū}} V_{\text{ū}} = 1000 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2$ kg

Slapjā sniegā esošā ūdens masa:

$m_{\text{ūs}} = m_s - m_l = m_s - \frac{c_{\text{ū}}(m_{\text{ū}}\Delta T_1 - m_s \Delta T_2)}{\lambda} = 1 - \frac{4{,}2 \cdot (2 \cdot 15 - 1 \cdot 15)}{330} = 0{,}81$ kg, kas procentuāli veido

$$\omega = \frac{m_{\text{ūs}}}{m_s} = \frac{0{,}81}{1} = \mathbf{81\ \%}$$

B Ledus kristāliņu masa ir (skat. punktu 4A)

$$m_l = \frac{c_{\text{ū}} m_{\text{ū}} \Delta T_1 - c_{\text{ū}} m_s \Delta T_2}{\lambda}$$

Lai to izkausētu nepieciešamais siltuma daudzums

$$Q_i = \lambda m_l = c_{\text{ū}}(m_{\text{ū}} \Delta T_1 - m_s \Delta T_2) = 4{,}2 \cdot (2 \cdot 15 - 1 \cdot 15) = \mathbf{63\ kJ}$$

5.

A Uzvedinošais jautājums:

– Kādā temperatūra var vienlaikus pastāvēt ūdens un ledus?

Pēc pudeles sakratīšanas, ūdens ātri atgriezīsies normālā stāvoklī – maisījums no ledus gabaliņiem un ūdens būs **0 °C** temperatūrā.

Atbilde: Maisījuma temperatūra pēc pudeles sakratīšanas **pieaugs no -20 °C līdz 0 °C**.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Vai siltums ir jāpievada vai tas izdalās – ledus kušanas procesā?

– Kāds process ir pretējs cietas vielas izkausēšanai?

Vielai sacietējot, apkārtējā vidē izdalās tikpat liels siltuma daudzums, kādu bija nepieciešams pievadīt vielas izkausēšanai. **Siltums izdalās, ja ūdens pārvēršas par ledu**: no pārdzesētā ūdens izveidosies ledus ar masu m_l un ūdens kristalizācijas procesā izdalīsies enerģija (siltuma daudzums) $Q_l = \lambda m_l$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kādu procesu norisei tika patērēts siltuma daudzums, kas izdalās ūdenim pārvēršoties par ledu?

– Kas veido ūdens un ledus maisījuma masu?

Siltuma daudzums, kas izdalās ūdenim pārvēršoties par ledu, sasilda ūdens un ledus maisījuma temperatūru no - 20 °C līdz 0 °C. Lai atrisinātu šo uzdevumu, jāuzraksta siltuma bilances vienādojums.

$\lambda m_l = \mathrm{c}_{\bar{\mathrm{u}}}(m_{\bar{\mathrm{u}}} + m_{\mathrm{l}})\Delta T$, kur ūdens un ledus maisījuma masa $M = m_{\bar{\mathrm{u}}} + m_{\mathrm{l}}$

$$\lambda m_l = \mathrm{c}_{\bar{\mathrm{u}}} M \Delta T$$

Par ledu izveidojas pārdzesētā ūdens daļa

$$\frac{m_l}{M} = \frac{c_{\bar{\mathrm{u}}}\Delta T}{\lambda_l} = \frac{4200 \cdot 20}{330\,000} = 0{,}25 \text{ jeb } \mathbf{25}\ \%$$

Komentārs: uzdevuma 5. jautājumā ir aprakstīts viens no variantiem, kad no pārdzesēta ūdens ap kristalizācijas centriem veidojas ledus. Šādā gadījumā vielu uzvedība ir līdzīga "normāla" ūdens un ledus uzvedībai. (vielām ir tā pati siltumietilpība). Ir zināms arī cits pārdzesēta ūdens sasalšanas mehānisms, kad ledus veidojas uzreiz visā šķidruma tilpumā pēc stipra trieciena. Šajā gadījumā var izveidoties tā saucamais "amorfais" ledus, kuras īpašības var būtiski atšķirties no "parasta" ledus īpašībām, un par to, kā īsti notiek ledus – ūdens fāžu pāreja šajā gadījumā, zinātnieki joprojām veic pētījumus. Atzīmēsim arī, ka pārdzesēta ūdens veidošanas varbūtība palielinās, ja viela ir pietiekami tīra, jo tur ir mazāk iespējamo kristalizācijas centru (piemēram, šis efekts ir ļoti izteikts destilētam ūdenim).

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā – siltuma procesi:

- siltuma daudzums, kas nepieciešams vielas sildīšanai vai dzesēšanai (1A, 2., 3., 4. un 5C jautājumi), siltuma daudzums kurināmā degšanas procesā (1B, 2A, 3C), iztvaikošanas process (2., 3B), kušanas process (4., 5C), kristalizācijas process (5B), vielu stāvokļi (5A), blīvums (1.), nemainīga jauda (2B), siltuma bilance (4., 5C).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskas likumsakarības (1., 3A, 3B);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (2A, 5A, 5B);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (2., 4., 5C);
- sastādīt siltuma bilances vienādojumus (4., 5C);
- analizēt fizikāla rakstura informāciju tekstā (4A, 5.);
- pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (1., 2B, 3A);
- veikt aprēķinus (1., 2., 3A, 3B, 4., 5C).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt, veikt vienkāršu darbību – 3A jautājums;
- definēt, aprakstīt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1., 3B, 3C, 4B jautājums;
- skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – 2., 4A un 5. jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par siltuma procesiem un vielas stāvokļa maiņu, jāprot uzrakstīt procesu siltuma bilance, analizējot tekstā sniegto informāciju. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, aprakstīt spēkus, kas darbojas uz lodīti šķidrumā, izmantojot atbilstošās sakarības, izteikt fizikālos lielumus, apvienojot vairākas sakarības, veikt aprēķinus.

10. klase

N2018-10-1. VELOBRAUKŠANAS SACENSĪBAS

1.

A **Čārlijam**. Visstraujāk mainās kustības ātrums pirmajās 10 sekundēs.

B **Čārlijam**. Nolasa kustības ātrumu no grafika 40-tajā sekundē. v = 9 m/s

C **Beātei un Čārlijam**. Kustība abiem riteņbraucējiem ir vienmērīga šajā brīdī līdz ar to $a = 0$.

D **Beātei un Čārlijam**. Nolasa kustības ātrumu no grafika 70-tajā sekundē. Šajā brīdī abu braucēju kustības ātrumi ir vienādi v = 7 m/s, bet Alises kustības ātrums ir lielāks.

E **Visiem dalībniekiem ir vienāds paātrinājums** $a = 0$. Šajā brīdī visi brauc vienmērīgi.

2. Veikto attālumu var noteikt no grafika. Attālums skaitliski ir vienāds ar taisnleņķa trīsstūra laukumu zem ātruma grafika 20 sekundēs. $S = \frac{v_{beigu} - v_{sākuma}}{2} t$

Alise nobrauca s = 40 m, Beāte s = 70 m un Čārlijs s = 90 m.

3. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kā pārvietojās Beāte visu kustības laiku? Kurā posmā mainījās Beātes kustības ātrums?

– Cik lielu ceļu veica Beāte katrā no kustības posmiem – kustoties paātrināti un kutoties vienmērīgi?

– Kāda forma ir ceļa grafikam vienmērīgā un vienmērīgi paātrinātā kustībā?

Iespējamie spriedumi:

1) Pirmās 20 sekundes Beāte pārvietojas paātrināti (šim nosacījumam atbilst grafiki A, G un H). Nākamās 10 sekundes Beāte pārvietojās vienmērīgi. Lai noteiktu, kurš grafiks apraksta kustību, var noteikt koordinātas skaitliskās vērtības, izmantojot doto ātruma grafiku.

Kustības pirmajās 20 sekundēs $x = at^2/2 = 0{,}35 \cdot 20^2/2 = 70$ m

Kustības 20 līdz 30 sekundē: $x = x_0 + vt = 70 + 7 \cdot 10 = 140$ m

Tātad otrā posmā koordināta ir izmainījusies par tikpat lielu attālumu kā pirmajā posmā. Šim nosacījumam atbilst tikai **grafiks A**.

2) Pirmās 20 sekundes Beāte pārvietojas paātrināti – šim nosacījumam atbilst grafiki A, G un H. No šīm līknēm jāizvēlas tā, kurai laika momentā $t = 20$ s nav lauzuma, jo ātrums šajā punktā nemainās, tātad līknes slīpums arī nemainās. Šim nosacījumam atbilst tikai **grafiks A**.

4.

A Lai atrisinātu uzdevumu, jāskaita kopā atsevišķu posmu garumi.

Alises kustība sākumā ir paātrināta. Pirmajās 40 sekundēs viņa veic $s_{A1} = \frac{v_{beigu} - v_{sākuma}}{2} t = 160$ m. Tātad, lai nobrauktu kilometru, Alisei vēl jānobrauc $s_{A2} = 840$ m. Tā kā pēc 40. sekundes Alise brauc vienmērīgi, tad laiks, kas nepieciešams, lai veiktu atlikušo attālumu $t_{A2} = \frac{s_{A2}}{v_{A2}} = \frac{840}{8} = 105$ s. Tātad distanci Alise veiks $t_A = 40 + 105 =$ **145 sekundēs**.

B Lai varētu noteikt, kurš uzvarēja sacensībās, Beātes un Čārlija 1 km veikšanai patērēto laiku, atrod pēc līdzīga principa kā Alises patērēto laiku (skat. 4A jautājumu).

Beāte:

Pirmajās 20 sekundēs veic $s_{B1} = \frac{v_{beigu} - v_{sākuma}}{2} t = 70$ m. Līdz kilometram viņai pietrūkst 930 m, kurus Beāte brauc vienmērīgi ar ātrumu 7 m/s laikā $t_{B2} = \frac{s_{B2}}{v_{B2}} = \frac{930}{7} = 133$ s. Tātad distanci Beāte veiks $t_B = 20 + 133 = 153$ sekundēs.

Čārlijs:

Pirmajās 20 sekundēs viņš veic $s_{C1} = \frac{v_{beigu} - v_{sākuma}}{2} t = 90$ m. Nākamās 40 sekundes Čārlijs brauc vienmērīgi ar ātrumu 9 m/s un nobrauc $s_{C2} = v_{C2} \cdot t_{C2} = 9 \cdot 40 = 360$ m. Nākamās 20 sekundes Čārlijs samazina ātrumu un nobrauc $s_{C3} = \frac{9+5}{2} \cdot 20 = 140$ m. Tātad, lai nobrauktu 1 km, viņam vēl jānobrauc $s_{C4} = 1000 - 90 - 360 - 140 = 410$ m. Ar ātrumu 5 m/s, šo attālumu Čārlijs nobrauks $t_{C4} = \frac{s_{C4}}{v_{C4}} = \frac{410}{5} = 82$ s. Tātad distanci Čārlijs veiks $t_C = 20 + 40 + 20 + 82 = 162$ sekundēs.

Tātad 1 km braucienā uzvarēja **Alise**, jo viņa 1 km nobrauca visātrāk no visiem trim braucējiem $t_A = 145$ sekundēs (skat. 4A jautājuma risinājumu).

C Uzdevumu risina līdzīgi kā 4B jautājumā, tikai 1 km vietā jānobrauc 600 m.

Alise: Pirmajās 40 sekundēs viņa paātrināti nobrauca 160 m. Vienmērīgi ar ātrumu 8 m/s vēl jānobrauc $s_{A2} = 600 - 160 = 440$ m. Laiks, kas nepieciešams, lai veiktu šo attālumu: $t_{A2} = \frac{s_{A2}}{v_{A2}} = \frac{440}{8} = 55$ s. Tātad distanci Alise veiks $t_A = 40 + 55 = 95$ sekundēs.

Beāte: Pirmajās 20 sekundēs viņa paātrināti nobrauca 70 m. Vienmērīgi ar ātrumu 7 m/s vēl jānobrauc $s_{B2} = 600 - 70 = 530$ m. Laiks, kas nepieciešams, lai veiktu šo attālumu: $t_{B2} = \frac{s_{B2}}{v_{B2}} = \frac{530}{7} = 75{,}7$ s. Tātad distanci Beāte veiks $t_B = 20 + 75{,}7 = 95{,}7$ sekundēs.

Čārlijs. Pirmajās 20 sekundēs viņš paātrināti nobrauca 90 m. Nākamajās 40 sekundēs vienmērīgi ar ātrumu 9 m/s Čārlijs nobrauca 360 m. Nākamajās 20 sekundēs viņš palēnināti nobrauca 140 m. Vienmērīgi ar ātrumu 5 m/s vēl jānobrauc $s_{C2} = 600 - 90 - 360 - 140 = 10$ m. Laiks, kas nepieciešams, lai veiktu šo attālumu: $t_{C2} = \frac{s_{C2}}{v_{C2}} = \frac{10}{5} = 2$ s. Tātad distanci Čārlijs veiks $t_C = 20 + 40 + 20 + 2 = 82$ sekundēs.

Tātad 600 m braucienā uzvarētu **Čārlijs**.

5.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kā pārvietojās Beāte visu kustības laiku?

– Cik lielu attālumu Beāte veica kustības I posmā, kad pārvietojās paātrināti?

– Cik lielu attālumu noskrēja suns laikā, kamēr Beāte kustējās paātrināti? Kurš – Alise vai suns šajā laikā veica lielāku attālumu?

Pirmajās 40 sekundēs Alise paātrināti nobrauca $s_A = 160$ m. Suns šajā laikā noskrien

$$s_s = v_s t = 15 \cdot 40 = 600 \text{ m}$$

Tā kā suns 40 sekundēs noskrien lielāku attālumu nekā sākuma attālums līdz startam un Alises veiktais attālums šajā laikā, t. i. 600 m > (200 + 160) m, suns panāks Alisi brīdī, kad viņa vēl kustās paātrināti ar paātrinājumu $a = \frac{v_{beigu} - v_{sākuma}}{t} = \frac{8-0}{40} = \mathbf{0{,}2\ \frac{m}{s^2}}$.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kādas būs suņa un kādas būs Alises atrašanās vietas koordinātas brīdī, kad suns panāks Alisi?

– Kā kustējās suns un ka kustējās Alise līdz brīdim, kad suns panāca Alisi?

– Cik ilgu laiku Alise kustējās paātrināti?

Alises paātrinājums $a = 0{,}2\ \frac{m}{s^2}$ (skat 5A risinājumu)

Kad suns panāks Alisi, viņi abi atradīsies vienā un tajā pašā vietā, tātad atrašanās vietas koordinātas būs vienādas.

$$vt = x_0 + \frac{at^2}{2}$$

$$15t = 200 + \frac{0{,}2t^2}{2}$$

$$0{,}1t^2 - 15t + 200 = 0$$

No iegūtā kvadrātvienādojuma aprēķinam laiku t.

$$D = b^2 - 4ac = (-15)^2 - 4 \cdot 0{,}1 \cdot 200 = 145$$

$$t = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}$$

$$t_1 = \frac{15 + \sqrt{145}}{2 \cdot 0{,}1} = 135{,}2\ \text{s}$$

$$t_2 = \frac{15 - \sqrt{145}}{2 \cdot 0{,}1} = 14{,}8\ \text{s}$$

t_1 = 135,2 s vērtība neder, jo konkrētajā situācijā Alise brauc paātrināti tikai pirmās 40 sekundes, tātad laiks, kad satiksies suns un Alise, ir t_2 = **14,8 s** pēc kustības sākuma.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos – vienmērīga kustība, vienmērīgi paātrināta kustība un kustības raksturlielumi:

- ātruma grafiskais attēlojums (visi uzdevuma jautājumi); koordinātas grafiskais attēlojums (3.), paātrinājums (1A, 1C, 1E, 5A), pārvietojums vienmērīgā kustībā (3., 4., 5A), pārvietojums vienmērīgi paātrinātā kustībā (2., 4.), koordināta vienmērīgā un vienmērīgi paātrinātā kustībā (5B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- nolasīt datus no grafika (visos jautājumos);

- analizēt kustības grafiku (3.);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (3., 5.);
- noteikt attālumu kā laukumu zem ātruma grafika (2., 4. un 5A);
- veikt aprēķinus (2., 4., 5.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- identificēt, veikt vienkāršu darbību – 1. jautājums;
- aprakstīt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 2. un 4. jautājums;
- salīdzināt, analizēt, sasaistīt – 3. un 5. jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par vienmērīgas un vienmērīgi paātrinātas kustības raksturlielumiem un tos saistošajām likumsakarībām. Skolēnam jāprot nolasīt datus no grafika un analizēt kustības grafikus, kā arī noteikt veikto attālumu kā laukumu zem ātruma grafika, aprakstīt kustību izmantojot atbilstošās sakarības un veikt aprēķinus.

N2018-10-2. VIRPINĀMAIS

1. Pēc definīcijas: $f = \frac{N}{t} = \frac{300}{60} = \mathbf{5\ Hz}$

2. Rotācijas kustības leņķiskais ātrums $\omega = 2\pi f$

Monētas lineārais ātrums

$v = \omega R = 2\pi f R = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 2 \cdot 0{,}1 = \mathbf{1{,}26\ m/s}$

3. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kas nodrošina centrtieces paātrinājumu abām monētām?

– Kurai monētai jānodrošina lielāks centrtieces paātrinājums?

– Kurš rotāciju raksturojošs lielums abām monētām ir vienāds? Vai lineārais ātrums abām monētām ir vienāds?

Ja uz rotējoša virpināmā atrodas monēta attālumā r no rotācijas centra un monēta neizslīd, tad uz to darbojas centrtieces spēks, kas vērsts rotācijas centra virzienā.

$$F_c = ma_c$$

Centrtieces paātrinājums ir tieši proporcionāls attālumam: $a_c = \omega^2 R$.

Jāņem vērā ka abas monētas rotē ar vienu un to pašu leņķisko (nevis lineāro) ātrumu.

Tātad

$$F_c = m\omega^2 R$$

Uz rotējošā virpināmā centrtieces spēku nodrošina berzes spēks. Pieaugot rotācijas leņķiskajam ātrumam, vienā brīdī berzes spēks vairs nespēj nodrošināt nepieciešamo centrtieces spēku un monēta izslīd, turpinot kustību pa pieskari.

Monēta atrodas uz virpināmā, kamēr $F_c \leq F_{b,max} = \mu mg$

Neizslīdēs tā monēta, kurai $m\omega^2 R \leq \mu mg$ *jeb* $\omega^2 R \leq \mu g$

μg un ω abām monētām ir vienādi. Atšķirties var tikai attālums R no rotācijas ass.

Pie viena un tā paša leņķiskā ātruma, izslīdēs tā monēta, **kura atrodas tālāk no virpināmā rotācijas ass**.

4. **Uzvedinošs jautājums:**
– Kas nodrošina centrtieces paātrinājumu?

Monēta atrodas uz virpināmā, kamēr $F_c \leq \mu mg$ (skat. 3. jautājuma skaidrojumu)
Izslīdēšana notiks, kad

$\omega^2 R = \mu g$ no kurienes, ņemot vērā, ka $\omega = 2\pi f$

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\mu g}{R}} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14}\sqrt{\frac{0{,}3 \cdot 9{,}81}{0{,}1}} = \mathbf{0{,}863\ Hz}$$

5. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Kurā virzienā ir vērsts kustības (lineārais) ātrums objektam kustoties pa riņķa līniju?
– Kādi spēki darbojas uz monētu pēc tam, kad tā ir nokritusi no virpināmā un slīd pa galdu?
– Kurā virzienā ir vērsts rezultējošais spēks?
– Kā kopspēks ietekmē kustības trajektoriju?

Objekts kustībā pa riņķa līniju iegūst ātrumu, kas vērsts riņķa līnijas pieskares virzienā. Pēc nokrišanas uz galda, vienīgais spēks, kas darbojas uz monētu ir berzes spēks, kas ir vērsts pretēji kustības virzienam. Tātad kustības virziens neizmainās (tikai samazinās ātrums) – monēta turpinās slīdēt taisni pa riņķa līnijas pieskari.
Atbilde: C

6. **Uzvedinošs padoms:**
– Vienmērīgi palēnināta kustība, ko var risināt gan caur kinemātikas vienādojumiem, gan caur enerģijas saglabāšanos. Izvēlies ērtāko paņēmienu vai atrisini abos veidos.

Vienīgais nekompensētais spēks, kas darbojas uz monētu ir F_b.
Tas rada paātrinājumu monētas kustībai: $a = \frac{F_b}{m}$
Monētas kustība ir vienmērīgi palēnināta. Šajā kustībā veiktais attālums $s = \mathrm{v_o}t - \frac{at^2}{2}$, ātrums $\mathrm{v} = \mathrm{v_o} - at$, kur $\mathrm{v_o}$ – kustības sākuma ātrums. Kad monēta apstājas, v = 0.

No ātruma formulas, iegūst, ka $t = \frac{\mathrm{v_o}}{a}$.
Veiktais ceļš iznāk $s = \frac{\mathrm{v_o^2}}{a} - \frac{a\mathrm{v_o^2}}{2a^2} = \frac{\mathrm{v_o^2}}{2a} = \frac{\mathrm{v_o^2}m}{2F_b} = \frac{2^2 \cdot 2{,}30 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0{,}01} = 0{,}46\ \mathrm{m} = \mathbf{46\ cm}$

Alternatīvs risinājums:
Berzes spēka veiktais darbs būs vienāds ar kinētiskās enerģijas izmaiņu. Tā kā beigu ātrums ir 0, tad varam rakstīt, ka

$$F_b \cdot s = \frac{m\mathrm{v_0^2}}{2} - 0$$

No kurienes iegūstam, ka

$$s = \frac{\mathrm{v_o^2}m}{2F_b} = \mathbf{46\ cm}$$

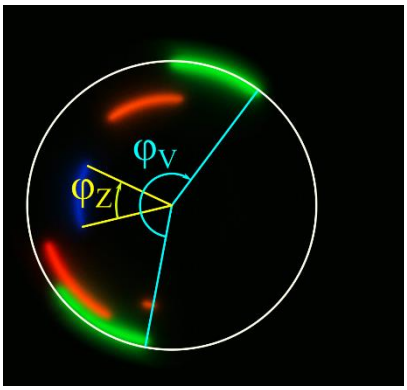
7.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kuri punkti atbildīs laikam t = 0,077 s?

– Kuri punkti atbildīs laikam, cik ilgi spīd zilā diode?

– Kāds lielums jāmēra attēlā, lai salīdzinātu šos divus laikus?



315. att.

Precīzi izmērot centra leņķi, kādu veido zilā līnija (315. att.), iegūstam φ_Z = 38°.

Precīzi izmērot leņķi par kādu pagriežas virpināmais, t. i. leņķi starp abu zaļo līniju punktiem, kas atrodas visvairāk pa labi, iegūstam φ_V = 208°.

Tā kā kustība ir vienmērīga, tad $\varphi = \omega t$. Leņķiskais ātrums virpināmā kustībā ir $\omega = \frac{\varphi_Z}{t_Z} = \frac{\varphi_V}{t}$

Tātad zilās lampiņas degšanas ilgums ir $t_z = \frac{\varphi_Z \cdot t}{\varphi_V} = \frac{38 \cdot 0{,}077}{208} = \mathbf{0{,}0141\ s}$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Cik ir 1/13 s? Kuri punkti atbilst šim laikam?

– Kas ir periods?

Precīzi izmērot leņķi par kādu pagriežas virpināmais, t. i. leņķi starp abu zaļo līniju punktiem, kas atrodas visvairāk pa labi, iegūstam φ_V = 208°. Tā kā kustība ir vienmērīga, tad $\varphi = \omega t$.

Periods T ir laiks, kurā virpināmais veic vienu pilnu apgriezienu jeb 360°.

Leņķiskais ātrums virpināmā kustībā ir $\omega = \frac{\varphi_V}{t} = \frac{360^o}{T}$

Tātad virpināmā rotācijas periods ir $T = \frac{360^o \cdot t}{\varphi_V} = \frac{360^o}{208^o} \cdot \frac{1}{13} = \mathbf{0{,}13\ s}$

8.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Ja pieņem, ka lodīte neizslīd, tad par cik lielu attālumu būs pavirzījies ārējais un iekšējais cilindrs lodītei rotējot?

– Kā leņķis ir saistīts ar gredzena vai lodītes veikto attālumu?

Saskares punktā lodīte un iekšējais cilindrs veic vienu un to pašu attālumu viena lodītes apgrieziena laikā.

Lodīte veic attālumu $s = 2\pi r = \pi d$

Iekšējais gredzens veic attālumu $s = R_1\varphi_1$, kur φ_1 ir pagrieziena leņķis.

$\pi d = R_1\varphi_1$, no kurienes $\varphi_1 = \frac{\pi d}{R_1} = \frac{180^o \cdot 2}{3{,}76} = \mathbf{95{,}7^o}$

B Skatīt 8A jautājuma risinājumu.

$$\varphi_2 = \frac{\pi d}{R_2} = \frac{180^o \cdot 2}{5{,}76} = \mathbf{62{,}5^o}$$

9. **Uzvedinošs jautājums:**

– Kā izmainās leņķis starp iekšējo un ārējo cilindru, kamēr gultņa lodīte veic vienu pilnu apgriezienu?

Kamēr lodīte veic vienu pilnu apgriezienu, leņķis starp pirmā un otrā gredzena sākuma stāvokli izmainās par

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \pi d\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

Kad ārējais gredzens būs veicis vienu pilnu apgriezienu, leņķis φ būs izmainījies par 360° jeb 2π radiāniem un šajā laikā gultņa lodīte būs veikusi *N* apgriezienus ap savu asi.

$2\pi = N \cdot \pi d\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ jeb $N = \frac{2\pi}{\pi d} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)} = \frac{2R_1R_2}{d(R_1+R_2)} = \frac{2 \cdot 3{,}76 \cdot 5{,}76}{2(3{,}76+5{,}76)} = 2{,}27$ reizes ≈ **2,3 reizes**

Risinājuma papildinājums:

Iegūtais rezultāts ir attiecībā pret jebkuru no gredzeniem. Ja mēs vēlamies noskaidrot apgriezienu skaitu attiecībā pret nekustīgu novērotāju, tad jāņem vērā, ka izmainās lodītes atrašanās vieta. Ja lodīte nerotētu (bet būtu pielīmēta pie ārējā gredzena) un veiktu vienu pilnu apgriezienu ap iekšējo gredzenu, tad attiecībā pret nekustīgu novērotāju tā arī būtu veikusi vienu pilnu apgriezienu. Šis aspekts netiek ņemts vērā augstāk apskatītajā risinājumā. Lai to ņemtu vērā, jānoskaidro kādu daļu no pilna apgrieziena lodīte ir veikusi attiecībā pret iekšējo cilindru. Mēs zinām, ka uz vienu pilnu apgriezienu tā veic leņķi φ_2. Tad uz *N* apgriezieniem, lodīte būs veikusi leņķi $N \cdot \varphi_2$ attiecībā pret iekšējo gredzenu. Tāpēc apgriezienu skaits attiecībā pret nekustīgu novērotāju būs

$N_1 = N + \frac{N \cdot \varphi_2}{2\pi} =$ **2,7 reizes**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas tēmā – mehānika/ķermeņa rotācijas kustība un spēki:

- Rotācijas leņķis, frekvence, periods (jautājumi 1., 7., 8., 9.).
- Leņķiskais ātrums, lineārais ātrums (jautājumi 2., 3., 4.).
- Centrtieces paātrinājums, centrtieces spēks (jautājumi 3., 4.).
- Berzes spēks (jautājumi 3., 4., 5., 6.).
- Vienmērīgi paātrināta kustība (jautājums 6.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t. sk.

- Apraksta kustību izmantojot kustību raksturlielumus (viss uzdevums).
- Analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājumi 3., 4., 5., 6.).
- Apraksta fizikālo procesu izmantojot matemātiskās likumsakarības (viss uzdevums).
- Izvērtē fizikālo lielumu maiņu, izmantojot funkcionālās sakarības starp tām (jautājums 3.).
- Veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības (jautājumi 3., 4., 6., 7., 9.).
- Nolasa datus no zīmējuma (jautājums 7.).
- Saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājums 1.).
- Veic aprēķinus (jautājumi 1., 2., 4., 6., 7., 8., 9.).
- Lieto vizuālo un grafisko informāciju fizikālo procesu un likumsakarību attēlošanā (jautājums 5.).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

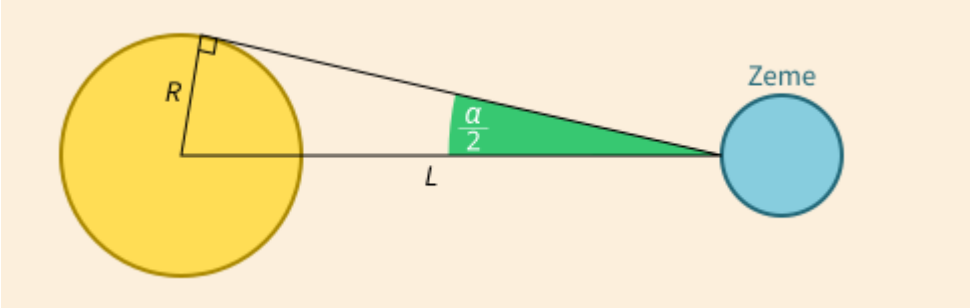
- veic vienkāršas darbības – jautājums 1.;
- veic darbības pēc algoritma, kombinē atsevišķus elementus – jautājumi 2., 6., 8.;
- analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 3., 4., 5., 9.;
- izvērtē, vispārina, iztēlojas – jautājums 7.

Risinot šo uzdevumu skolēnam ir nepieciešams zināt pamata lietas par rotācijas kustību un spēkiem, piemēram, berzes spēku. Uzdevums aptver ļoti plašu spektru ar prasmēm, kas skolēnam ir jādemonstrē, lai veiksmīgi tiktu galā ar uzdevumu. Dažus uzdevumus iespējams atrisināt tikai labi izprotot problēmas tekstu (jautājumi 7., 8., 9.), bet citu jautājumu izrisināšanai nepieciešamas labas zināšanas fizikā (jautājumi 3., 4., 5., 6.).

N2018-10-3. SAULES APTUMSUMS

1.

A



316. att.

Aplūkojam taisnleņķa trijstūri:

$$\sin\frac{\alpha}{2}=\frac{R}{L}, \text{ kur } R=\frac{D}{2} \text{ ir spīdekļa rādiuss.}$$

Saules leņķiskais izmērs: $sin\frac{\alpha}{2}=\frac{R_S}{d_{SZ}-R_Z}=\frac{695\,700}{149\,600\,000-6\,370}=0{,}00465$, tātad $\frac{\alpha}{2}=0{,}266^\circ$ un α = **0,532°**

B Skat 1A jautājuma risinājumu.

Mēness leņķiskais izmērs: $sin\frac{\alpha}{2}=\frac{R_M}{d_{ZM}-R_Z}=\frac{1\,737}{385\,000-6\,370}=0{,}00459$, tātad $\frac{\alpha}{2}=0{,}263^\circ$ un α = **0,526°**

2. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kādi ir Saules un Mēness leņķiskie izmēri, skatoties no Zemes? Vai tie var mainīties?

– Vai Mēness vienmēr atrodas no Zemes nemainīgā attālumā?

– Kā mainās Saules izskats pilna Saules aptumsuma laikā?

– Pievērs uzmanību vārdam 'vienmēr' apgalvojumos!

Saules leņķiskais izmērs salīdzinājumā ar Mēness leņķisko izmēru skatoties no Zemes ir nedaudz lielāks (skat. 1 jautājuma risinājumus), bet jāņem vērā, ka aprēķinos tika izmantots vidējais attālums no Zemes līdz Saulei un no Zemes līdz Mēnesim.

Mēness kustas ap Zemi pa nedaudz izstieptu – eliptisku orbītu, līdz ar to attālums starp Zemi un Mēnesi mainās, tas nozīmē, ka arī Mēness leņķiskais izmērs nav konstants. Arī attālums starp Zemi un Sauli nav konstants, tas nozīmē, ka arī Saules leņķiskais izmērs, skatoties no Zemes, mainās. Tātad Mēness leņķiskais izmērs var būt arī nedaudz lielāks par Saules leņķisko izmēru.

1) Pilna Saules aptumsuma laikā Saules, Zemes un Mēness centri vienmēr atrodas uz vienas taisnes. Nē, ja Mēness leņķiskais izmērs ir lielāks par Saules leņķisko izmēru, tad Mēness aizsegs Sauli skatoties no Zemes arī tad, ja minētie debess objekti neatradīsies uz vienas taisnes.

2) Daļēja Saules aptumsuma laikā vienmēr ir spēkā nevienādība $\alpha_S > \alpha_M$. Nē, jo arī lielāks Mēness var aizsegt daļēji Sauli.

3) **Īsi pirms pilna Saules aptumsuma vienmēr var novērot daļēju Saules aptumsumu.** Jā, atceroties kā mainās Saules izskats pilna Saules aptumsuma laikā.

4) Īsi pirms pilna Saules aptumsuma vienmēr var novērot gredzenveida Saules aptumsumu. Nē, gadījumos, kad Mēness leņķiskais izmērs ir lielāks par Saules leņķisko izmēru.

5) **Gredzenveida Saules aptumsuma laikā vienmēr ir spēkā nevienādība $\alpha_S > \alpha_M$**. Jā, jo, lai izveidotos gredzens, Saules leņķiskajam izmēram ir jābūt lielākam nekā Mēness leņķiskajam izmēram.

6) Pilna Saules aptumsuma laikā vienmēr ir spēkā nevienādība $\alpha_S > \alpha_M$. Nekad nav iespējama tāda situācija. Pilna Saules aptumsuma laikā vienmēr ir spēkā nevienādība $\alpha_S \leq \alpha_M$.

7) Gredzenveida Saules aptumsuma laikā Saules, Zemes un Mēness centri vienmēr atrodas uz vienas taisnes. Nē, ja Mēness leņķiskais izmērs ir mazāks par Saules leņķisko izmēru, tad var būt situācija, ka novērojam gredzenu, kura biezums visos virzienos nav vienāds.

3. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik liels ir debess objektu leņķiskais izmērs, kad starp debess objektu un Zemi ir minimāls attālums?

– Cik liels ir debess objektu leņķiskais izmērs, kad starp debess objektu un Zemi ir maksimāls attālums?

Saules leņķiskais izmērs, kad starp Sauli un Zemi ir minimāls attālums:

$$sin\frac{\alpha}{2} = \frac{R_S}{d_{SZ}-R_Z} = \frac{695700}{147100000-6370} = 0{,}00473 \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = 0{,}271^0 \Rightarrow \alpha = \mathbf{0{,}542°}$$

Saules leņķiskais izmērs, kad starp Sauli un Zemi ir maksimāls attālums:

$$sin\frac{\alpha}{2} = \frac{R_S}{d_{SZ}-R_Z} = \frac{695700}{152100000-6370} = 0{,}00457 \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = 0{,}262 \Rightarrow \alpha = \mathbf{0{,}524°}$$

Mēness leņķiskais izmērs, kad starp Mēnesi un Zemi ir minimāls attālums:

$$sin\frac{\alpha}{2} = \frac{R_M}{d_{ZM}-R_Z} = \frac{1737}{356400-6370} = 0{,}00496 \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = 0{,}284 \Rightarrow \alpha = \mathbf{0{,}569°}$$

Mēness leņķiskais izmērs, kad starp Mēnesi un Zemi ir maksimāls attālums:

$$sin\frac{\alpha}{2} = \frac{R_M}{d_{ZM}-R_Z} = \frac{1737}{406700-6370} = 0{,}00434 \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = 0{,}249 \Rightarrow \alpha = \mathbf{0{,}497°}$$

Pilna aptumsuma gadījumā $\alpha_S < \alpha_M$, kas izpildās atbilžu variantos:

- **d_{ZS} un d_{ZM} ir minimāli**
- **d_{ZS} ir maksimāls, bet d_{ZM} – minimāls**

4. T_M = 27,3 diennaktis = 27,3·24·3600 = 2,359·10^6 s

Ātrums vienmērīgā kustībā ir vienāds ar veikto ceļu noteiktā laikā. Viena apriņķojuma (perioda) laikā Mēness veic ceļu, kas vienāds ar riņķa līnijas garumu, kuras rādiuss ir vidējais attālums starp Zemi un Mēnesi.

$$v_M = \frac{2\pi d_{ZM}}{T_M} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 385000}{2358720} = \mathbf{1{,}03\ \frac{km}{s}}$$

5. T = 23 h 56 min = 23·3600 + 56·60 = 86 160 s

Ātrums vienmērīgā kustībā ir vienāds ar veikto ceļu noteiktā laikā. Ja novērotājs stāv uz ekvatora, tad viena apgrieziena laikā viņš veic ceļu, kas vienāds ar riņķa līnijas garumu, kuras rādiuss ir Zemes rādiuss.

$$v_{Zrot} = \frac{2\pi R_Z}{T} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 6370}{86\ 160} = \mathbf{0{,}465\ \frac{km}{s}}$$

6. **Uzvedinošs jautājums:**

– Kuras debess objektu kustības rada Mēness ēnas kustību: Mēness apriņķošana ap Zemi; Zemes rotācija; Zemes apriņķošana ap Sauli?

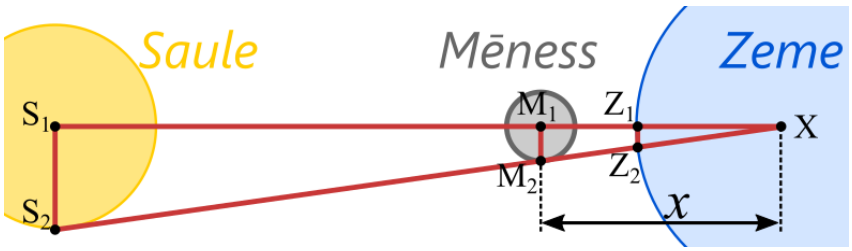
Ēnas kustības ātrumu nosaka Mēness apriņķošana ap Zemi, kā arī Zemes rotācija, bet ne Zemes apriņķošana ap Sauli, jo Mēness *kustās līdzi* Zemei.

Ņemot vērā 87. attēlā parādītos virzienus, v = v_M - $v_{Z,r}$ = 1,1 – 0,6 = **0,5 km/s**.

7. Pilnā aptumsuma fāze ir vērojama tad, ja $\alpha_M \geq \alpha_S$ un tā vērojama tik ilgi, kamēr Mēness aizsedz Sauli un met uz Zemi ēnu. Mēness ēnas kustība ir vienmērīga, tāpēc

$$t = \frac{2R}{v} = \frac{2 \cdot 133}{0{,}6} = 443\ \text{s} = \mathbf{7{,}4\ min}$$

8.



317. att.

A Attālums starp Sauli un Mēnesi

$$d_{SM} = d_{ZS} - d_{ZM} = 151\ 300\ 000 - 372\ 000 = 150\ 928\ 000\ \text{km}$$

No līdzīgiem trīsstūriem XS_1S_2 un XM_1M_2 (skat. 317. attēlu) iegūstam sakarību

$$\frac{x}{R_M} = \frac{d_{SM} + x}{R_S}$$

no kurienes izsakām x:

$$xR_S = R_M d_{SM} + R_M x$$

$$x = \frac{R_M d_{SM}}{R_S - R_M} = \frac{1737 \cdot 150\,928\,000}{695\,700 - 1737} = \mathbf{377\,775\ km}$$

B No līdzīgiem trīsstūriem XZ_1Z_2 un XM_1M_2 (skat.317. attēlu) iegūstam sakarību

$$\frac{x}{R_M} = \frac{x - (d_{ZM} - R_Z)}{r}$$

No kurienes, ņemot vērā, ka $D = 2r$

$$D = 2r = \frac{2R_M(x - (d_{ZM} - R_Z))}{x} = \frac{2 \cdot 1737(377775 - (372000 - 6370))}{377775} = \mathbf{112\ km}$$

9. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kādiem jābūt Saules un Mēness leņķiskajiem izmēriem robežgadījumā, lai varētu novērot pilnu Saules aptumsumu?

– Kādiem jābūt attālumiem – starp Sauli un Zemi d_{SZ} un starp Zemi un Mēnesi d_{ZM} – robežgadījumā, lai varētu novērot pilnu Saules aptumsumu? Cik liels ir Saules leņķiskais izmērs šajā situācijā? Cik liels ir attālums starp Zemi un Mēnesi šajā situācijā?

– Par cik lielu attālumu jāpalielinās minimālajam attālumam starp Zemi un Mēnesi, lai iestātos aplūkotais robežgadījums?

Lai novērotu pilnu Saules aptumsumu robežgadījumā, debess ķermeņu leņķiskajiem izmēriem jābūt vienādiem: $\alpha_S = \alpha_M$. Tas ir robežgadījums, jo, ja Mēness leņķiskais izmērs būs mazāks nekā Saules leņķiskais izmērs – pilnu Saules aptumsumu nevarēs novērot.

Šajā gadījumā d_{ZS} jābūt maksimālam, savukārt d_{ZM} – minimālam, tāpēc Saules vai Mēness leņķiskais izmērs $\alpha_S = \alpha_M = 0{,}524°$ (skat. 3. jautājuma risinājumu).

Robežgadījumā attālumu starp Zemi un Mēnesi varam noteikt, izmantojot izteiksmi debess spīdekļa leņķiskā attāluma noteikšanai

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{R_M}{d_{ZM} - R_Z}$$

$$d_{ZM} = \frac{R_M}{\sin\frac{\alpha}{2}} + R_Z = \frac{1737}{\sin\frac{0{,}524}{2}} + 6370 = 386\,233\ \text{km}$$

Tātad minimālajam attālumam starp Zemi un Mēnesi līdz robežgadījumam jāpieaug par

$$\Delta d_{ZM} = d_{ZMrob} - d_{ZMmin} = 386\,233 - 356\,400 = 29\,833\ \text{km}$$

Tas notiks pēc

$$t = \frac{\Delta d_{ZM}}{\Delta d} = \frac{29\,833\,000\ \text{m}}{0{,}04\ \text{m/gadā}} = 745\,825\,000\ \text{gadu} = \mathbf{746\ miljoniem\ gadu}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas tematos par Saules un Mēness aptumsumiem un vienmērīgu kustību pa riņķa līniju.

- debess spīdekļu leņķiskais izmērs (1., 2., 3., 9. jautājums), vienmērīga kustība pa riņķa līniju (4., 5.), lineārais ātrums (4., 5.), kustības relativitāte (6.), ātrumu saskaitīšana (6.), vienmērīga kustība (7.), ātrums vienmērīgā kustībā (7.);
- sakarības taisnleņķa trijstūrī (1., 9.); līdzīgi trijstūri (8.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t. sk.

- aprakstīt fizikālo procesu izmantojot matemātiskās likumsakarības (1., 4., 5., 6., 7., 8., 9.);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem un parādībām (2., 3., 6., 7., 9.);
- pārveidot mērvienības (4., 5., 9.);
- modelēt fizikālos procesus (9.);
- analizēt fizikāla rakstura informāciju tekstā (9.);
- veikt aprēķinus (1., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9.).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt, veikt vienkāršas darbības – 7. jautājums;
- aprakstīt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1., 4., 5., 8. jautājums;
- analizēt, izskaidrot cēloņus, sasaistīt, pielietot – 2., 3., 6., 9. jautājums.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam ir jādemonstrē izpratne par Saules un Mēness aptumsumu norisi, par debess spīdekļu leņķiskajiem izmēriem. Skolēniem jāprot pielietot sakarības taisnleņķa trijstūrī un pielietot līdzīgu trijstūru īpašības, kā arī modelēt debess spīdekļu kustību.

11. klase

N2018-11-1. DZESĒŠANA

1.

A $Q_1 = c_ū m_ū (T_0 - T_1) = 4200 \cdot 0{,}5 \cdot (20 - (-15)) = 73\,500$ J = **73,5 kJ**

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi siltuma procesi notiek, 20 °C siltam ūdenim pārvēršoties par -15 °C aukstu ledu? Kā var aprēķināt siltuma daudzumu, kas tiek aizvadīts katrā no šiem procesiem?

$Q_2 = c_ū m_ū (T_0 - T) + \lambda m_ū + c_l m_ū (T - T_1)$, kur T – ūdens kristalizācijas temperatūra.

$Q_2 = 4200 \cdot 0{,}5 \cdot (20 - 0) + 3{,}4 \cdot 10^5 \cdot 0{,}5 + 2200 \cdot 0{,}5 \cdot (0 - (-15)) = 42\,000 + 170\,000 + 16\,500 = 228\,500$ J = = **228,5 kJ**

2.

A $pV = nRT$, no kurienes

$$T_A = \frac{p_A V_A}{nR} = \frac{115 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{0{,}05 \cdot 8{,}31} = 277 \text{ K} = \mathbf{4\ °C}$$

$$T_C = \frac{p_C V_C}{nR} = \frac{125 \cdot 10^3 \cdot 1{,}1 \cdot 10^{-3}}{0{,}05 \cdot 8{,}31} = 331\ \text{K} = \mathbf{58\ ^\circ C}$$

B BA un DC – izohoriski procesi (V = const), kuros gāze neveic darbu.
AD un CB – izobāriski procesi (p = const). Gāzes pastrādātais darbs izobāriskā procesā ir $A = p\Delta V$.
Gāzes darbs procesā AD: $A_{AD} = p_{AD}(V_D - V_A)$
Gāzes darbs procesā CB: $A_{CB} = p_{CB}(V_B - V_C)$

Ciklā veiktais darbs
$A_g = A_{AD} + A_{CB} = p_{AD}(V_D - V_A) + p_{CB}(V_B - V_C) = 115 \cdot 10^3 \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-3} + 125 \cdot 10^3 \cdot (-0{,}1 \cdot 10^{-3}) = 11{,}5 - 12{,}5 = \mathbf{-1\ J}$

Piezīme: A_g = 1 J arī tiek ieskaitīta.

C Uzvedinoši jautājumi:
– Kam tiek patērēts gāzei pievadītais siltuma daudzums?
– Kuros posmos gāzei tiek pievadīts siltuma daudzums?

Saskaņā ar pirmo termodinamikas likumu, siltuma daudzums, ko pievada gāzei, tiek patērēts darba veikšanai un iekšējās enerģijas palielināšanai. Tā kā siltuma enerģija darba gāzei tiek pievadīta posmos AD un DC, tad:

$$Q = A_{AD} + \Delta U_{AD} + \Delta U_{DC} = p_{AD}(V_D - V_A) + \frac{3}{2}nR(T_D - T_A) + \frac{3}{2}nR(T_c - T_D) =$$
$$= p_{AD}(V_D - V_A) + \frac{3}{2}nR(T_C - T_A)$$

$$Q = 115 \cdot 10^3 \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-3} + 1{,}5 \cdot 0{,}05 \cdot 8{,}31 \cdot (57{,}8 - 3{,}6) = 11{,}5 + 33{,}8 = \mathbf{45\ J}$$

D Lietderīgais darbs šajā gadījumā būs vienāds ar aizvadīto siltuma daudzumu.

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{40}{0{,}05} = \mathbf{800\ W}$$

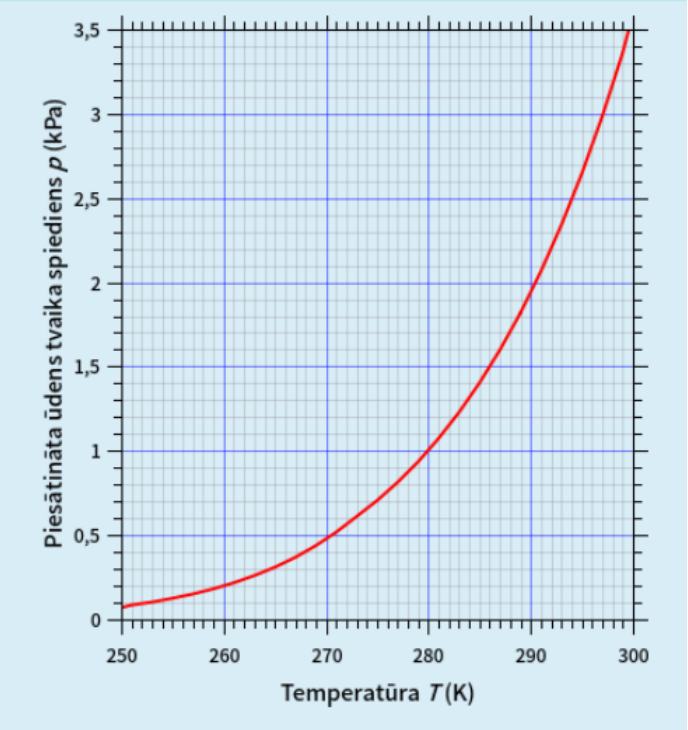
E Uzvedinoši jautājumi:
– Kā var noteikt saldētavā esošā gaisa iekšējās enerģijas samazināšanos vienā darba ciklā?
– Kā var noteikt saldētava esošā gaisa vielas daudzumu?

$P = \frac{\Delta U}{t_{dz}}$, no kurienes $t_{dz} = \frac{\Delta U}{P} = \frac{1{,}5 n_g R \Delta T}{P}$
Izmantojot gāzes stāvokļa vienādojumu, var izteikt $n_g = \frac{p_{atm} V}{R T_0}$

$$t_{dz} = \frac{1{,}5 p_{atm} V \Delta T}{P T_0} = \frac{1{,}5 \cdot 10^5 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 35}{10^3 \cdot 293} = \mathbf{1{,}8\ s}$$

3.
A Uzvedinoši jautājumi:
– Cik liels ir piesātināta ūdens tvaika parciālspiediens istabas temperatūrā T_0 = 20 °C?
– Cik liels ir ūdens tvaika parciālspiediens istabas temperatūrā T_0 = 20 °C, ņemot vērā, ka gaisa relatīvais mitrums ir r = 60%?
– Pie kādas temperatūras tvaiks ar tādu parciālspiedienu kļūs par piesātinātu (rasas punkts)?

- No grafika (318. att.) nolasām, cik liels istabas temperatūrā T_0 = 20 °C ir piesātināta ūdens tvaika parciālspiediens p = 2,35 kPa.
- Aprēķinam, cik liels ūdens tvaika parciālspiediens ir, ja gaisa relatīvais mitrums ir r = 60%. p = 0,6 · 2350 = 1400 Pa
- No grafika atrodam, cik zemā temperatūrā sāksies ūdens kondensācija, ja p = 1,4 kPa. T_k = 285 K jeb T_K = **12 °C**.



318. att.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels ir piesātināta ūdens tvaika spiediens rasas punktā (temperatūrā, kad sākas ūdens tvaiku kondensācija)?

– Cik liels ir piesātināta ūdens tvaika spiediens temperatūrā T_1?

– Cik liela ir ūdens tvaika masa gaisā šajā temperatūrā?

– Cik liela ir ūdens tvaika masa gaisā, kad saldētava atdzesēta līdz temperatūrai T_1?

Ūdens tvaiku masu saldētavas gaisā var noteikt no ideālās gāzes stāvokļa vienādojuma:

$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow m = \frac{pVM}{RT}$$

Ūdens tvaika masa gaisā rasas punktā $m_0 = \frac{p_k VM}{RT_k}$

Ūdens tvaika masa gaisā pie temperatūras T_1: $m_1 = \frac{p_1 VM}{RT_1}$

Kondensētā un sasalušā ūdens masa: $m_ū = m_0 - m_1 = \frac{p_k VM}{RT_k} - \frac{p_1 VM}{RT_1} = \frac{MV}{R}\left(\frac{p_k}{T_k} - \frac{p_1}{T_1}\right)$

Piesātināta ūdens tvaika parciālspiedienus temperatūrās T_k = 10 °C un T_1 = - 15 °C, atrodam dotajā grafikā.

p_k = 1,2 kPa; p_1 = 0,2 kPa

$$m_ū = \frac{18 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{8{,}31}\left(\frac{1200}{283} - \frac{200}{258}\right) = \mathbf{0{,}75\ g}$$

4. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik liels siltuma daudzums ir nepieciešams, lai iztvaicētu 50 g ūdens? Kā to var sasaistīt ar siltuma daudzumu, kas tiek aizvadīts, atdziestot ūdenim pudelē (ņem vērā arī procesa lietderības koeficientu)?

Siltuma daudzums, kas tiek aizvadīts, ja ūdens atdziest $Q_1 = c_ū m_ū \Delta T$

Siltuma daudzums, kas tiek pievadīts ūdens iztvaicēšanai $Q_2 = Lm_2$

Pēc nosacījumiem 10% no iztvaicēšanas enerģijas aiziet ūdens atdzesēšanai, tātad

$$0{,}1Q_2 = Q_1$$

$$0{,}1 \cdot Lm_2 = c_{\text{ū}} m_{\text{ū}} \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{0{,}1 L m_2}{c_{\text{ū}} m_{\text{ū}}} = \frac{0{,}1 \cdot 22{,}6 \cdot 10^5 \cdot 0{,}05}{4200 \cdot 0{,}4} = \mathbf{67\ ℃}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Vielu siltumīpašības – īpatnējā siltumietilpība (jautājumi 1A, 1B, 4.), kristalizācija (jautājums 1B), siltuma daudzuma aprēķināšana (jautājumi 1A, 1B, 4.), šķidrums un tvaiks, gaisa mitrums, rasas punkts (jautājumi 3A, 3B), siltuma bilances vienādojums (jautājums 4.).
- Gāzu likumi – ideālās gāzes stāvokļa vienādojums (jautājumi 2A, 2E, 3B).
- Siltums un darbs – gāzes darbs (jautājums 2B), iekšējā enerģija (jautājumi 2C, 2E), pirmais termodinamikas likums (jautājums 2C), jauda (jautājumi 2D, 2E), lietderības koeficients (jautājums 4.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1A, 1B, 2A, 2B, 2C, 2E, 3A, 3B, 4.);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 3A, 3B, 4.);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1A, 1B, 2A, 2B, 2E, 3A, 3B, 4.);
- nolasa datus no grafika (jautājumi 2A, 2B, 2C, 3A, 3B);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājumi 2C, 4.);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (grafiki, formulas, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 2A, 2B, 2C, 3A, 3B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificē, veic vienkāršu darbību – jautājums 1A;
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 2A, 2B, 2D;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 1B, 2C, 2E, 3A, 3B, 4.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par vairākiem fizikāliem jēdzieniem: siltuma daudzums, īpatnējā siltumietilpība, īpatnējais iztvaikošanas siltums, iztvaikošana, kondensācija, kristalizācija, piesātināts un nepiesātināts tvaiks, parciālspiediens, gaisa mitrums, rasas punkts. Jāanalizē termodinamiskie procesi no enerģētiskā viedokļa, jāprot izvēlēties un izmantot situācijai atbilstošas funkcionālas sakarības starp fizikāliem lielumiem, sasaistot kopā zināšanas no vairākām fizikas tēmām. Jāpielieto prasme pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, izmantot piedēkļus, darboties ar pakāpēm, nolasīt un interpretēt datus no grafikiem.

N2018-11-2. "HYPERLOOP" PROJEKTS

1.

$$pV_1 = nRT, \text{ no kurienes } n = \frac{pV_1}{RT}$$

$$T = 273 + 27 = 300\ \text{K}$$

$$n = \frac{101{,}3 \cdot 10^3 \cdot 3460}{8{,}31 \cdot 300} = \mathbf{140{,}6\ kmol}$$

2.

$$\rho = \frac{m}{V_1} = \frac{nM}{V_1} = \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 0{,}029}{3460} = \mathbf{0{,}838\ \frac{kg}{m^3}}$$

3. Gaisa spiediens, gaisa daudzums un gaisa blīvums pēc viena cikla kamerā K_1 ir **mazāks**, jo pilna cikla laikā daļa gaisa no kameras K_1 tika pārsūknēta uz kameru K_2.

4. Kad cikla beigās atver ievadu I un atkal ļauj gāzei kamerās K_1 un K_2 nonākt līdzsvara stāvoklī, tad mainās gaisa spiediens kamerā K_1, jo gaiss izotermiski izplešas. Pārējos gadījumos gaiss kamerā K_1 neizplešas, tāpēc arī **nemainās** spiediens.

5. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Vai cikla beigās (96. att.) kamerā K_2 ir palicis gaiss?
– Cik lielu tilpumu pēc viena pilna cikla aizņem tas gaiss, kas pirms cikla sākuma bija kamerā K_1?

Salīdzinām gaisa spiedienu un tilpumu cikla sākumā un cikla beigās, ņemot vērā, ka procesa laikā temperatūra nemainās:

$$p_s V_1 = p_b (V_1 + V_2)$$

$$\frac{p_b}{p_s} = \frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{3460}{3460 + 100} = \mathbf{0{,}972}$$

6. $n_b = n^{10} = 1{,}13^{10} =$ **3,394** reizes

7.

$F = C\rho v^2$, no kurienes $C = \frac{F}{\rho v^2}$

$$[C] = \frac{\mathrm{N}}{\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} = \frac{\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}{\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} = \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{m}^3 \cdot \mathrm{s}^2}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{s}^2} = \mathbf{m^2}$$

8. **Uzvedinošs jautājums:**
– Ko var secināt par spēkiem, kas darbojas uz ķermeni, ja tas kustas vienmērīgi (bez paātrinājuma)?

Lai kustība būtu vienmērīga, spēkam, ar kuru stumj vagoniņu, jālīdzsvaro gaisa pretestības spēks.

$F = C\rho v^2 = 0{,}693 \cdot 0{,}024 \cdot 200^2 =$ **665 N**

9.

$$P = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v = 960 \cdot 200 = \mathbf{192\ kW}$$

10. Vienmērīgā kustībā dzinēja radītais spēks līdzsvaro gaisa pretestības spēku vagoniņa kustībā.

$\frac{P}{v} = C\rho v^2$, no kurienes $v^3 = \frac{P}{C\rho}$ un $v = \sqrt[3]{\frac{P}{C\rho}} = \sqrt[3]{\frac{100 \cdot 10^3}{0{,}693 \cdot 0{,}024}} = \mathbf{182\ \frac{m}{s}}$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Gāzu likumi – ideālās gāzes stāvokļa vienādojums (jautājumi 1., 5.), gāzes tilpums, masa, blīvums, molmasa, spiediens (jautājumi 2., 3A, 3B, 3C).
- Mijiedarbība un spēki – spēks un paātrinājums (jautājums 8.), spēka darbs, jauda (jautājums 9.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1., 2., 9., 10.);
- veic lielumu dimensionālo analīzi (jautājums 7.);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 3A, 3B, 3C, 5., 8.);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1., 2., 5., 7., 9., 10.);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājums 6.);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājums 8.);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (shēmas, attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 4., 5.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificē, veic vienkāršu darbību – jautājumi 3A, 3B, 3C, 4.;
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1., 2., 6., 7., 9., 10.;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 5., 8.

Šīs ir viens no vienkāršākajiem fizikas valsts olimpiāžu otrā posma uzdevums 11. klasēm, tajā praktiski nav sarežģītu matemātisko pārveidojumu. Uzdevuma risināšanai pietiek ar uzmanīgu teksta lasīšanu un piedāvāto attēlu izpratni. Risinot uzdevumus, skolēnam jāparāda izpratne par gāzes raksturlielumiem, to savstarpējo sakarību, jāzina un jāpārveido fizikālo lielumu mērvienības, jāprot izteikt fizikālos lielumus no formulām.

N2018-11-3. STARPTAUTISKĀ KOSMISKĀ STACIJA

1. $F = G\frac{m_{SKS}\cdot M}{(R_Z+h)^2} = 6{,}7\cdot 10^{-11}\cdot\frac{420\cdot 10^3\cdot 6{,}0\cdot 10^{24}}{(6400000+400000)^2} = \mathbf{3{,}6\cdot 10^6\ N}$

2. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kāds spēks darbojas uz SKS tās riņķveida kustībā apkārt Zemei? Kā šīs spēks ir saistīts ar SKS piešķirto centrtieces paātrinājumu?

– Kāda sakarība pastāv starp centrtieces paātrinājumu un orbitālo ātrumu?

Starp SKS un Zemi darbojas gravitācijas spēks: $F = G\frac{m_{SKS}\cdot M}{(R_Z+h)^2}$, kas piešķir SKS centrtieces paātrinājumu:

$$F = m_{SKS}a_c = m_{SKS}\frac{\mathrm{v}^2}{R_Z+h}$$

$$m_{SKS}\frac{\mathrm{v}^2}{R_Z+h} = G\frac{m_{SKS}\cdot M}{(R_Z+h)^2}$$

$$\mathrm{v} = \sqrt{\frac{G\cdot M}{R_Z+h}} = \sqrt{\frac{6{,}7\cdot 10^{-11}\cdot 6{,}0\cdot 10^{24}}{(6400+400)\cdot 10^3}} = \mathbf{7{,}86\ \frac{km}{s}}$$

3. SKS apriņķošanas periodu var aprēķināt, izmantojot sakarību:

$$T = \frac{2\pi(R_z + h)}{\mathrm{v}} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot (6400 + 400)\mathrm{km}}{7{,}5\ \mathrm{km/s}} \approx 5694\ \mathrm{s} \approx 1{,}58\ \mathrm{h}$$

Tā kā diennaktī ir 24 stundas,

$$k = \frac{24}{1{,}58} = \mathbf{15{,}6}\ \text{reizes}$$

4. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kurā SKS kustības posmā to iespējams novērot no Zemes?

– Cik liels centra leņķis atbilst SKS redzamības lokam? Kāda ir sakarība starp šo leņķi un SKS leņķisko ātrumu?

SKS var novērot no Zemes tās posmā no punkta A līdz punktam B (sk. iezīmēto loku 97. attēlā). Lokam atbilstošā centra leņķa kosinuss: $\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{R_Z}{R_Z+h} = \frac{6400}{6400+400} = 0{,}941$

$\omega = \frac{\theta}{t}$, no kurienes $t = \frac{2\arccos\left(\frac{\theta}{2}\right)}{\omega} = \frac{2 \cdot 0{,}345}{1{,}16 \cdot 10^{-3}} = 594{,}8\ \mathrm{s} = \mathbf{9{,}9\ min}$

5.

A

$$\mathrm{v_Z} = \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{4000}{30 \cdot 24 \cdot 3600} = \mathbf{0{,}00154}\ \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}$$

B

$$\mathrm{v}_{\grave{Z}} = \mathrm{v_Z} T = 0{,}00154 \cdot 5400 = \mathbf{8{,}3\ m/apriņķojums}$$

6. **Uzvedinošs jautājums:**

– Kāda ir izteiksme SKS orbitālā ātruma aprēķināšanai (sk. 2. jautājuma atrisinājumu)?

SKS ātrums orbītā (sk. 2. jautājuma risinājumu):

$$\mathrm{v} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R_Z + h}}$$

SKS kinētiskā enerģija:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m \mathrm{v}^2 = \frac{1}{2} \frac{GM \cdot m}{R_z + h}$$

SKS potenciālā enerģija pēc nosacījumā dotās formulas

$$E_{pot} = -\frac{G \cdot M \cdot m}{R_Z + h}$$

Kinētiskās enerģijas attiecība pret potenciālo enerģiju:

$$\frac{E_k}{E_p} = \frac{\frac{1}{2}\frac{GMm}{R_z + h}}{-\frac{GMm}{R_Z + h}} = \mathbf{-\frac{1}{2}}$$

7. **Uzvedinošs jautājums:**

– Kā var izteikt SKS pilno mehānisko enerģiju, ņemot vērā iepriekšējā jautājuma atrisinājumā iegūto sakarību starp kinētisko un potenciālo enerģiju?

Zināms, ka $E_k = -\frac{1}{2}E_p$ (sk. 6. jautājuma atbildi).

Pilnā mehāniskā enerģija $E = E_k + E_p = -\frac{1}{2}E_p + E_p = \frac{1}{2}E_p$

Enerģijas starpība

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \frac{1}{2}E_{p2} - \frac{1}{2}E_{p1} = \frac{1}{2}GMm\left(\frac{1}{R_z+h-\Delta h} - \frac{1}{R_z+h}\right) \approx \frac{1}{2}\frac{GMm\Delta h}{(R_z+h)^2} = \mathbf{11{,}1\ MJ}$$

Var spriest arī savādāk, rēķinot atsevišķi kinētiskās un potenciālās enerģijas starpību:

Potenciālo enerģiju starpība $\Delta E_p = E_{p2} - E_{p1} = -\frac{GMm}{R_z+h-\Delta h} + \frac{GMm}{R_z+h} \approx -\frac{GMm\Delta h}{(R_z+h)^2}$

Kinētisko enerģiju starpība $\Delta E_k = E_{k2} - E_{k1} = \frac{1}{2}\frac{GMm}{R_z+h-\Delta h} - \frac{1}{2}\frac{GMm}{R_z+h} \approx \frac{1}{2}\frac{GMm\Delta h}{(R_z+h)^2}$

Kopējā enerģijas starpība $\Delta E = \Delta E_p + \Delta E_k = -\frac{1}{2}\frac{GMm\Delta h}{(R_z+h)^2}$

Tātad zaudētā enerģija $\Delta E = \frac{1}{2}\frac{GMm\Delta h}{(R_z+h)^2} = \mathbf{11{,}1\ MJ}$

8. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik garu ceļu veic SKS viena apriņķojuma laikā?

– Kā var aprēķināt berzes spēka darbu?

Pēc enerģijas nezūdamības likuma enerģijas izmaiņa vienāda ar berzes spēka veikto darbu:

$$F \cdot \Delta s = \Delta E$$

$$F = \frac{\Delta E}{\Delta s} = \frac{\Delta E}{2\pi(R_Z + h)} = \frac{14 \cdot 10^6}{2 \cdot 3{,}14 \cdot (6400 + 410) \cdot 10^3} = \mathbf{0{,}327\ N}$$

9. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kādi lielumi ir jāzina daļiņu koncentrācijas aprēķināšanai?

– Kā var noteikt gaisa tilpumu, kuru savā kustībā šķērso SKS?

– Cik liela ir daļiņu impulsa izmaiņa pēc sadursmes ar SKS? Kā šī impulsa izmaiņa saistīta ar berzes spēku, kas darbojas uz SKS?

Daļiņu koncentrācija $n = \frac{N}{V}$

Daļiņu trieciena kopējais radītais impulss $N \cdot \Delta p = F \cdot \Delta t \quad \Rightarrow \quad N = \frac{F \cdot \Delta t}{\Delta p}$

Vidējā masa gaisa daļiņai

$$m_0 = \frac{M_g}{N_A}$$

Vienas daļiņas impulss attiecībā pret SKS, pieņemot, ka daļiņas kustības ātrums ir krietni mazāks, nekā SKS kustības ātrums:

$$p_0 = m_0 \mathrm{v}$$

Tātad daļiņu skaita noteikšanai svarīgi novērtēt impulsa izmaiņu sadursmju laikā. Impulsa izmaiņa, savukārt, ir atkarīga no tā, vai sadursmes notiek absolūti elastīgi vai neelastīgi. Tā kā sadursmju modeļa novērtējums prasa zināšanas, kas pārsniedz vidusskolas fizikas kursu (vairāk var lasīt http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/464391.pdf), par pareizo koncentrācijas novērtējumu tika pieņemtas gan atbildes, kas iegūtas, pieņemot, ka sadursmes bija absolūti elastīgas, gan pieņemot, ka sadursmes bija absolūti neelastīgas.

Pieņemot, ka sadursmes ar SKS notiek absolūti elastīgi un sadursmju rezultātā SKS savu ātrumu nemaina, saskaņā ar impulsa nezūdamības likumu daļiņas impulsa izmaiņa

$$\Delta p_1 = p_0 - p = m_0 \mathrm{v} - (-m_0 \mathrm{v}) = 2m_0 \mathrm{v}$$

Pieņemot, ka sadursmes ar SKS notiek absolūti neelastīgi, jeb daļiņas sadursmju rezultātā zaudē visu savu impulsu, daļiņas impulsa izmaiņa $\Delta p_2 = m_0 \mathrm{v}$

Tātad, kopējais daļiņu skaits, ka saduras ar SKS:

- pie absolūti elastīgo sadursmju modeļa $N_1 = \frac{F \cdot \Delta t}{\Delta p_1} = \frac{F \cdot \Delta t}{2m_0 \mathrm{v}}$
- pie absolūti neelastīgo sadursmju modeļa $N_2 = \frac{F \cdot \Delta t}{\Delta p_2} = \frac{F \cdot \Delta t}{m_0 \mathrm{v}}$

Gaisa tilpums, kurā atrodas daļiņas, kas rada triecienus uz SKS frontālo laukumu:

$$V = S \cdot l = S \cdot \mathrm{v} \cdot \Delta t$$

Faktiski l ir attālums, kādu veic SKS laikā Δt, kustoties caur gaisu ar savu ātrumu v.
Ievietojot iegūtās izteiksmes N un V vietā, var novērtēt daļiņu koncentrāciju n diapazonu:

$$n_1 = \frac{N_1}{V} = \frac{F \cdot \Delta t}{2m_0 \cdot \mathrm{v} \cdot S \cdot \mathrm{v} \cdot \Delta t} = \frac{F \cdot N_A}{2 \cdot M_g \cdot \mathrm{v}^2 \cdot S} = \frac{0{,}4 \cdot 6 \cdot 10^{23}}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot (7{,}76 \cdot 10^3)^2 \cdot 60} = 1{,}7 \cdot 10^{15}\ \mathrm{m^{-3}}$$

$$n_2 = \frac{N_2}{V} = \frac{F \cdot \Delta t}{m_0 \cdot \mathrm{v} \cdot S \cdot \mathrm{v} \cdot \Delta t} = \frac{F \cdot N_A}{M_g \cdot \mathrm{v}^2 \cdot S} = \frac{0{,}4 \cdot 6 \cdot 10^{23}}{20 \cdot 10^{-3} \cdot (7{,}76 \cdot 10^3)^2 \cdot 60} = 3{,}4 \cdot 10^{15}\ \mathrm{m^{-3}}$$

Atbilde: daļiņu koncentrācija aprakstītajā situācijā atmosfērā ir robežās no $1{,}7 \cdot 10^{15}\ \mathrm{m^{-3}}$ līdz $3{,}4 \cdot 10^{15}\ \mathrm{m^{-3}}$.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Gravitācija un kustība gravitācijas laukā – gravitācijas likums (jautājums 1.).
- Ķermeņu kustība – centrtieces paātrinājums (jautājums 2.), lineārais ātrums un apriņķošanas periods (jautājums 3.), leņķiskais ātrums (jautājums 4.), ceļš vienmērīgā taisnvirziena kustībā (jautājums 9.).
- Mijiedarbība un spēki – spēks un paātrinājums (jautājums 2.).
- Enerģija un impulss – kinētiskā un potenciālā enerģija (jautājumi 6., 7.), pilna mehāniskā enerģija (jautājumi 7., 8.), berzes spēka darbs (jautājums 8.), spēka impulss, impulsa nezūdamības likums (jautājums 9.).
- Gāzu likumi – vielas masa, molmasa, daļiņu koncentrācija (jautājums 9.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1., 2., 3., 5A, 5B, 7., 8., 9.);

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 4., 6., 9.);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 2., 3., 4., 6., 7., 9.);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskas likumsakarības (jautājumi 4., 5A, 5B, 9.);
- nolasa datus no grafika (jautājums 5A);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājumi 7., 8.);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājums 2.);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (shēmas, attēli, grafiki, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 4., 5A).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1., 3., 5A, 5B;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 2., 6., 7., 8.;
- izvērtē, teoretizē, izvirza hipotēzes, reflektē – jautājums 9.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jādemonstrē prasme izmantot fizikas likumus un funkcionālās sakarības, analizējot ķermeņu kustību Zemes gravitācijas laukā, apstrādāt un izvērtēt datus par ķermeņu kustību gravitācijas laukā, formulēt secinājumus, pamatojoties uz tiem. Skolēnam jāspēj aplūkot procesus kustīgā atskaites sistēmā (9.jautājumā impulsa izmaiņas novērtēšanai jāaplūko daļiņu ātrums attiecībā pret kustīgo SKS). Jāprot izmantot kalkulatoru trigonometrisko funkciju un leņķu aprēķināšanai. Veidot un analizēt aprakstītai situācijai atbilstošus matemātiskos modeļus, pielietot matemātikas zināšanas (trigonometriskās sakarības taisnleņķa trijstūrī, cilindra tilpuma aprēķināšana).

12. klase

N2018-12-1. SPRIEGUMU DALĪTĀJS

1.

A Patērētāju virknes slēgumā $U = U_1 + U_2 \Rightarrow U_1 = U - \frac{U}{3} = \frac{2}{3}U$

Virknes slēgumā caur visiem patērētājiem plūst viena un tā pati strāva:

$$I_1 = I_2 \Rightarrow \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} \Rightarrow \boldsymbol{R_2 = \frac{R_1 U_2}{U_1} = \frac{R_1 \cdot \frac{U}{3}}{\frac{2}{3}U} = \frac{1}{2}R_1}$$

Atbilde: $\boldsymbol{R_2 = \frac{1}{2}R_1}$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels ir sprieguma kritums uz rezistora R_2?

– Cik liels ir sprieguma kritums uz katra rezistora paralēlslēgumā?

– Kā mainās ķēdes posma pretestība, vienam rezistoram paralēli pieslēdzot otru?

– Pie kāda nosacījuma ķēdes posma pretestība, vienam rezistoram paralēli pieslēdzot otru, nemainīsies?

Uz patērētaja R_2 sprieguma kritums jau ir $U/3$, bet, pieslēdzot tam paralēli vēl vienu rezistoru, šī ķēdes posma pretestība nedrīkst ievērojami mainīties, lai spriegums (kas paralēlajā slēgumā ir vienāds uz visiem patērētājiem) paliktu vienāds ar $U/3$.

Paralēlslēgumā patērētāja un rezistora kopējā pretestība: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_2}$

Ja patērētāja pretestība R_p būs ļoti liela, tad $\frac{1}{R_p}$ būs ļoti mazs, līdz ar to $\frac{1}{R}$ būs ļoti tuvu $\frac{1}{R_2}$, tad arī *R* būs aptuveni vienāds ar R_2, tāpēc arī spriegums būs tuvu *U*/3.

Atbilde: $\boldsymbol{R_p \gg R_2}$

2. **Uzvedinoši jautājumi:**

– No kā ir atkarīgs sprieguma kritums dažādos rezistora posmos? No kā ir atkarīga vada pretestība? Kurš no šiem parametriem mainās, mērot spriegumu starp punktu A un pārvietojamo kontaktu atkarībā no tā novietojuma?

Sprieguma kritums starp punktu A un pārvietojamo kontaktu: *U* = *IR*,

Strāvas stiprums *I* ir konstants, kas nozīmē, ka *U* ir tieši proporcionāls *R*.

Vada pretestība ir tieši proporcionāla vada garumam: $R = \frac{\rho l}{S} \sim l$ (vada šķērsgriezuma laukums un īpatnējā pretestība mērīšanas laikā nemainās). Līdz ar to arī *U* ir tieši proporcionāls garumam. Šim nosacījumam atbilst grafiks **A**.

3.

A

Tā kā B ir pozitīvs, diode ir caurlaides režīmā un var uzskatīt, ka visi pārējie punkti A, C un B ir savienoti, jo diodes pretestība ir 0, un tāpēc tiem ir vienāds potenciāls. Līdz ar to U_{CD} = **0 V**

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kādā režīmā ir diode pie tādas punktu A un B polaritātes?

– Cik liels ir spriegums uz kondensatora polaritātes pārslēgšanas brīdī?

– Cik liels ir spriegums starp punktiem A un C?

– Cik liels ir spriegums starp punktiem A un B?

Kad A bija negatīvs un B pozitīvs, tad kondensators uzlādējās līdz spriegumam *U*. Apmainot polaritāti, diode šajā virzienā strāvu nelaiž līdz ar to varam uzskatīt, ka punkti C un D nav savienoti. Tā kā spriegums uz kondensatora nemainās, tad spriegums starp punktiem A un C ir *U*, bet tā kā arī starp punktiem A un B spriegums ir *U*, tad starp punktiem C un D spriegums ir $U_{CD} = 2U$ = **4000 V**. Tāpēc šo slēgumu sauc par sprieguma dubultotāju.

4.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liela enerģija uzkrājas spolē, kamēr slēdzis atrodas stāvoklī pa kreisi?

– Kādas enerģijas pārvērtības notiek, pārslēdzot slēdzi?

Kad slēdzis ir aizvērts, spolē uzkrājas magnētiskā lauka enerģija $W_M = \frac{LI^2}{2}$.

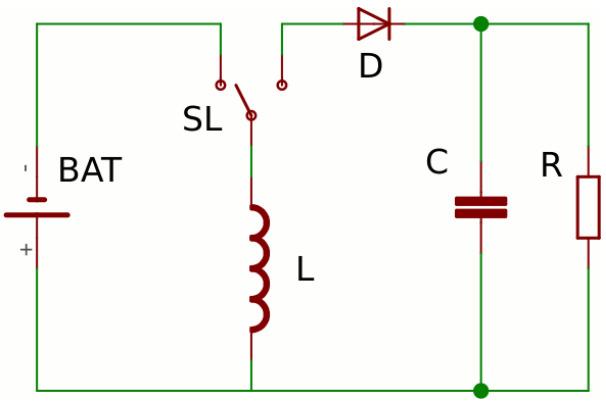
Kad slēdzi atver, spolē uzkrātā magnētiskā lauka enerģija pāriet kondensatora elektriskā lauka enerģijā: $W_E = \frac{CU^2}{2}$.

Pielīdzinot $W_M = W_E$, iegūst

$$\frac{LI^2}{2} = \frac{CU^2}{2}$$

no kurienes var izteikt spriegumu uz kondensatora platēm:

$$U = I\sqrt{\frac{L}{C}} = 1 \cdot \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-6}}} = \mathbf{7{,}07\ V}$$



319. att.

B

$$I = \frac{q}{t} = \frac{CU}{t}$$

no kurienes $t = \frac{CU}{I} = \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{200 \cdot 10^{-3}} = \mathbf{0{,}001\ s}$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kas uzlādē kondensatoru 319. attēla shēmā?

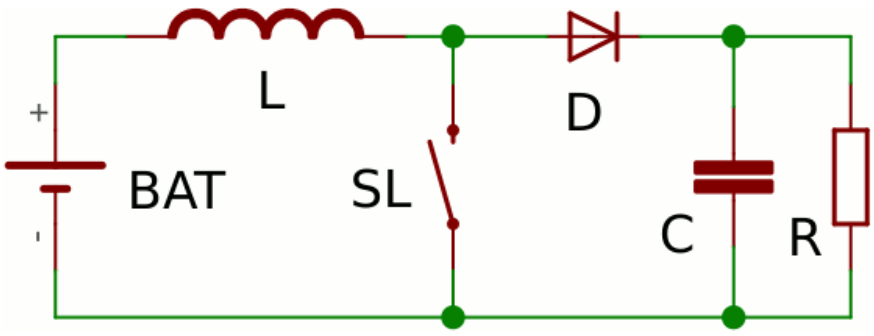
– Kas uzlādē kondensatoru 320. attēla shēmā?

Kondensatoru uzlādē ne tikai spoles EDS bet arī baterijas EDS, kas šajā slēgumā summējas. Tāpēc kondensatora uzlādes strāva, uzkrātais lādiņš un tātad arī spriegums ir lielāki. Var izrēķināt, ka šai shēmai tas būs apmēram 8,7 V.

Atbilde: Lielāks nekā shēmai 319. attēlā.

D Uzvedinošs jautājums:

– Vai shēmā attēlotajā situācijā pie aizvērtā slēdža kondensators var izlādēties caur slēdzi?



320. att.

Kondensatora izlāde dotajam slēgumam var notikt tikai caur rezistoru, jo diode laiž cauri strāvu tikai vienā virzienā. Ja slēgumā diodi aizstāj ar vadu, tad izlāde var notikt arī caur slēdzi.

Atbilde: kondensators izlādēsies ļoti strauji, kad slēdzis būs aizvērts

E 0 A

Tā kā slēdža pretestība ir nulle, tad visa strāva plūdīs caur to, caur rezistoru strāva neplūdīs.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Elektriskie lādiņi un elektriskais lauks – kondensators (jautājumi 3B, 4A, 4B, 4C, 4D, 4E), elektriskā lauka enerģija (jautājums 4A).

- Līdzstrāva – strāvas stiprums (jautājums 4B), patērētāju slēgumi (jautājumi 1A, 1B, 4E), Oma likums ķēdes posmam (jautājumi 1A, 2.), īpatnējā pretestība (jautājums 2.).
- Elektromagnētisms – kondensators maiņstrāvas ķēdē (jautājums 3B), magnētiskā lauka enerģija (jautājums 4A).
- Vielu elektrovadītspēja – pusvadītāju diode (jautājumi 3A, 4C, 4D).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 4A, 4B);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1A, 1B, 2., 3B, 4A, 4D, 4E);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1A, 1B, 4B);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājums 4A);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (grafiki, formulas, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 1A, 2., 3A, 3B, 4A, 4C, 4D).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1A, 3A, 4B, 4E;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 1B, 2., 3B, 4A, 4C, 4D.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jāparāda izpratne par elektriskās strāvas jēdzienu, elektroenerģijas patērētāju slēgumu darbību un to lietojumu sadzīvē un tehnikā, kondensatora, rezistora un spoles darbību. Jāzina elektriskās ķēdes elementi un to apzīmējumi (rezistors, kondensators, diode, spole, slēdzis). Jāanalizē strāvas plūšanas nosacījumi līdzstrāvas un maiņstrāvas ķēdē atkarībā no ķēdē ieslēgtajiem elementiem un to izvietojuma.

N2018-12-2. ELEKTRONU MIKROSKOPS

PAĀTRINĀTĀJS

1.

$$A = \Delta E = eU = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 54 \cdot 10^{3} = 86\,400 \cdot 10^{-19}\ \text{J} = 54\,000\ \text{eV} = \mathbf{54\ keV}$$

2. Elektronu ātrumu, tiem izejot no paātrinātāja, var noteikt, izmantojot enerģijas nezūdamības likumu. Elektronu kinētiskā enerģija palielinās par ΔE:

$$\Delta E = \frac{m\text{v}^2}{2} - \frac{m\text{v}_0^2}{2}$$

$$2\Delta E = m\text{v}^2 - m\text{v}_0^2$$

$$\text{v}^2 = \frac{2\Delta E}{m} + \text{v}_0^2$$

$$\text{v} = \sqrt{\frac{2\Delta E}{m} + \text{v}_0^2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 10^{3} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}} + 200^2} \approx \mathbf{5{,}9{\cdot}10^{7}\ \frac{m}{s}}$$

3. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kāds spēks darbojas uz elektronu, kas ielido magnētiskajā laukā? Kā šīs spēks ietekmē elektrona kustību?

Uz elektronu, kas ielido magnētiskajā laukā, darbojas Lorenca spēks. Lorenca spēks nemaina elektrona ātruma moduli, tas maina ātruma virzienu.

Sākuma ātruma projekcija uz y ass: $v_{0y} = v cos\alpha$.

Beigu ātruma projekcija uz y ass $v_y = v$ (elektroni izlido no magnētiskā lauka paralēli y asij).

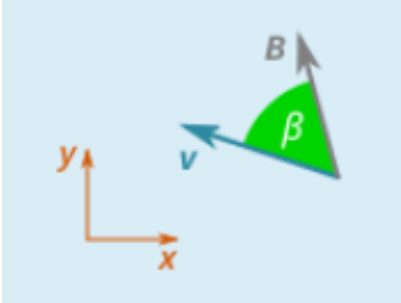
Magnētiskā lauka radītā spēka *F* vidējā vērtība ir vienāda ar elektrona impulsa izmaiņu apskatītajā laikā:

$$F = m\frac{v_y - v_{0y}}{\Delta t}$$

$$F = m\frac{v - v cos\alpha}{\Delta t} = \frac{1 \cdot 10^7 - 1 \cdot 10^7 \cdot \cos 10^0}{12 \cdot 10^{-6}} = 1{,}27{\cdot}10^{10}\ \text{N}$$

4.

A Uz elektronu, kas ielido magnētiskajā laukā, darbojas Lorenca spēks. Lorenca spēka virziens vienmēr ir vērsts perpendikulāri lādiņa kustības ātrumam un magnētiskā lauka indukcijai, kuri atrodas plaknē xy, t. i. Lorenca spēks darbojas **z ass** virzienā.



321. att.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds spēks piešķir elektronam centrtieces paātrinājumu?

– Kā var noteikt magnētiskā lauka indukcijas lielumu, zinot tās komponentes?

Uz elektronu, kas ielido magnētiskajā laukā, darbojas Lorenca spēks, kas piešķir elektronam centrtieces paātrinājumu.

Magnētiskā lauka indukcijas lielumu, zinot tā komponentes x un y ass virzienā, varam aprēķināt pēc Pitagora teorēmas:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = \sqrt{11^2 + 10^2} = 14{,}9\ \text{mT}$$

Lorenca spēks ir vērsts perpendikulāri elektrona kustības virzienam:

$$F_L = evBsin\beta$$

Pēc otrā Ņūtona likuma:

$$F_L = ma_c = \frac{mv^2}{r}$$

Apvienojot izteiksmes, iegūst:

$$evBsin\beta = \frac{mv^2}{r}$$

no kurienes izsakām trajektorijas liekuma rādiusu:

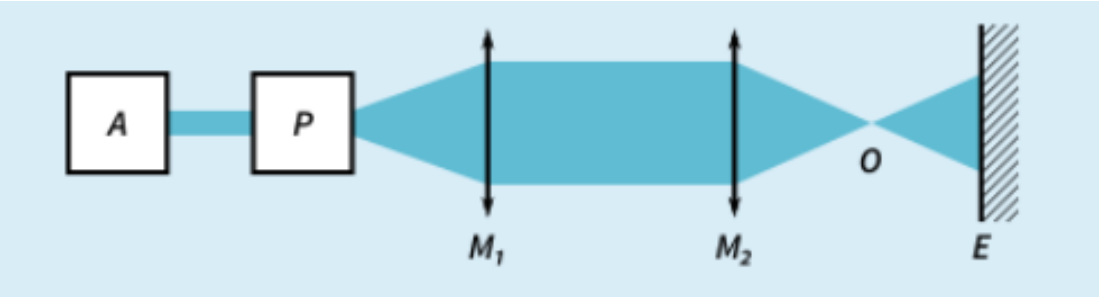
$$r = \frac{mv^2}{evBsin\beta} = \frac{mv}{eBsin\beta} = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 1 \cdot 10^7}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 14{,}9 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}559} = 0{,}0068 \text{ m} = \mathbf{6{,}8 \text{ mm}}$$

5. Tā kā fokusa attālums lēcām ir definēts kā attālums avotam no lēcas, pie kura izejošie gaismas (vai šajā gadījumā elektronu) stari ir paralēli, tad fokusa attālums ir x_0 = 13 mm = **1,3 cm**.

6. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Kā strāvas stipruma pieaugums spolēs ietekmē to radīto magnētisko lauku?
– Kā šīs izmaiņas ietekmē elektrona kustību?

Palielinot strāvas stiprumu magnētisko lauku radošajās spolēs, palielinās magnētiskā lauka indukcija, tātad, pieaug spēks, kas piešķir elektronam lielāku centrtieces paātrinājumu. Tāpēc elektrona trajektorijas noliekšanās ir vēl lielāka (samazinās liekuma rādiuss, jo, ja $|v| = const, a_c = \frac{v^2}{r} \Rightarrow r \sim \frac{1}{a_c}$). Tas nozīmē, ka fokusa attālums **samazinās**.

7.



322. att.

Attālums no paātrinātāja līdz pirmajai lēcai PM_1 ir F_1. Attālums no otrās lēcas līdz objektam ir M_2O un ir F_2. Kopējais attālums PO ir dots PO = 5 cm. Attālums starp magnētiskajām lēcām ir M_1M_2.
Tātad, $PM_1 + M_1M_2 + M_2O = PO$ jeb $M_1M_2 = PO - F_1 - F_2$

M_1M_2 = 5 – 1 – 1,5 = **2,5 cm** (skat. 322. att.)

EKRĀNS

8. Elektriskās strāvas stiprums *I* ir vienāds ar elektrisko lādiņu, kas laika vienībā izplūst caur vadītāja šķērsgriezumu. Tātad, vienā sekundē uz objekta uztriecas *q* = 300 pC liels lādiņš. Šo lādiņu veido noteikts elektronu skaits:

$$q = Ne, \text{ no kurienes } N = \frac{q}{e} = \frac{300 \cdot 10^{-12}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} = 187{,}5 \cdot 10^7 = \mathbf{1{,}88 \cdot 10^9}$$

9. Uz ekrāna laikā *t* varētu nonākt *Nt* elektronu, kur *N* ir elektronu skaits, kas 1 sekundē uztriecas objektam. Tikai 15% no tiem tiek cauri objektam, tāpēc caur objektam izejošo elektronu skaits $N` = 0{,}15 \cdot Nt$. Lai izveidotos objekta attēls, $N`$ jābūt vienādam ar $1 \cdot 10^{12}$ elektronu.
Līdz ar to:

$$t = \frac{N`}{0{,}15N} = \frac{1 \cdot 10^{12}}{0{,}15 \cdot 1 \cdot 10^{11}} = \mathbf{66{,}7 \text{ s}}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Mijiedarbība un spēki – spēks un paātrinājums (jautājumi 4B, 6.).
- Enerģija un impulss – kinētiskā enerģija, enerģijas nezūdamības likums (jautājums 2.), spēka impulss (jautājums 3.).
- Elektriskie lādiņi un elektriskais lauks – elektriskā lauka darbs (jautājums 1.), elektriskais lādiņš (jautājums 8.).
- Elektriskā strāva – strāvas stiprums (jautājums 8.).
- Elektromagnētisms – lādēto daļiņu kustība magnētiskajā laukā (jautājumi 3., 4A); Lorenca spēks (jautājumi 4A, 4B), spoles radītais magnētiskais lauks (jautājums 6.).
- Apgaismojums un attēli – savācējlēca, tās fokusa attālums (jautājums 5.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1., 2., 3., 4B, 8.);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 3., 5., 6.);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1., 2., 3., 4B, 6., 8.);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 4B, 6., 9.);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājumi 1., 2.);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājumi 3., 4B, 6.);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (shēmas, attēli, grafiki, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 3., 4A, 7.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1., 2., 4A, 5., 7., 8., 9.;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 3., 4B, 6.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par elektriskās strāvas jēdzienu, magnētiskā lauka rašanos un tā raksturlielumiem, jānovērtē daļiņu kustības parametri magnētiskajā laukā, jānosaka ātruma projekcijas uz izvēlētajām asīm, jāprot noteikt Lorenca spēka virzienu, jāizmanto enerģijas nezūdamības likums elektromagnētisko procesu skaidrojumā. Jāveic aprēķini, lietojot darbības ar pakāpēm, skaitļa pierakstu normālforma, pielietojot arī matemātikas zināšanas (vektora garuma aprēķināšana, izmantojot komponentes, notikuma varbūtībā). Jāveic izteiksmju matemātiskie pārveidojumi. Daži jautājumi (5., 7., 9.) prasa no skolēna tikai uzmanīgu uzdevuma nosacījuma izlasīšanu, jo atbildei uz tiem pietiek ar loģisko domāšanu.

N2018-12-3. BIATLONS

1.

A Uzvedinošs jautājums:

– Kāds ir 2. Ņūtona likums?

Pēc otrā Ņūtona likuma:

F = ma

$$a = \frac{F}{m} = \frac{210}{60} = 3{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

B Uzvedinošs jautājums:

– Kāda ir sakarība, kas saista ātrumu, paātrinājumu un veikto attālumu? Šī sakarība ir saistīta arī ar enerģijas nezūdamības likumu.

Var izmantot sakarību no kinemātikas $a = \frac{v^2 - v_0^2}{2L}$, no kurienes

$$v = \sqrt{2aL + v_0^2} = \sqrt{2 \cdot 5 \cdot 0{,}72 + 6^2} = \mathbf{6{,}6\ \frac{m}{s}}$$

Lai iegūtu sākotnējo sakarību, var arī izmantot sakarību, ka kinētiskās enerģijas izmaiņa vienāda ar veikto darbu $\Delta E_k = A$. Ja spēks ir nemainīgs, tad darbs ir $A = F \cdot L$. Un iegūstam $\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = ma \cdot L$, kas izdalot ar *m* un izsakot *a* pārvēršas par augstāk redzēto sakarību.

C Uzvedinošs jautājums:

– Kāda ir paātrinājuma definīcija?

No paātrinājuma definīcijās:

$$a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{7 - 6}{5} = \mathbf{0{,}2\ s}$$

D Uzvedinošs jautājums:

– Kāds šinī gadījumā izskatās 2. Ņūtona likums?

Pēc otrā Ņūtona likuma berzes spēks rada paātrinājumu:

$$ma = \mu mg$$

Izsakot berzes koeficientu un ievietojot paātrinājuma vietā paātrinājuma definīciju iegūstam:

$$\mu = \frac{a}{g} = \frac{v_2 - v_1}{gt} = \frac{7 - 6}{9{,}81 \cdot 1} = \mathbf{0{,}10}$$

2. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Vai ātrums visu laiku pieaug?

– Kādai funkcijai atbilsts ātruma izmaiņas grafiks atspēriena laikā un slīdēšanas laikā?

Atspēriena laikā ātrums vienmērīgi (lineāri) pieaug, bet bremzēšanas laikā ātrums vienmērīgi (lineāri) samazinās, kas atbilst grafikam **B** (111. att.).

3. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Ar ko ir vienāds vidējais ātrums vienmērīgi paātrinātā kustībā? Ja esi pareizi izvēlējies grafiku iepriekšējā uzdevumā, pamēģini sadalīt grafiku divās vienādās daļās ar horizontālu līniju!

1) Apskatīsim vidējo ātrumu vienmērīgi paātrinātā kustībā.

$$v_{vid} = \frac{x}{t} = \frac{v_1 t + 0{,}5at^2}{t} = v_1 + 0{,}5at$$

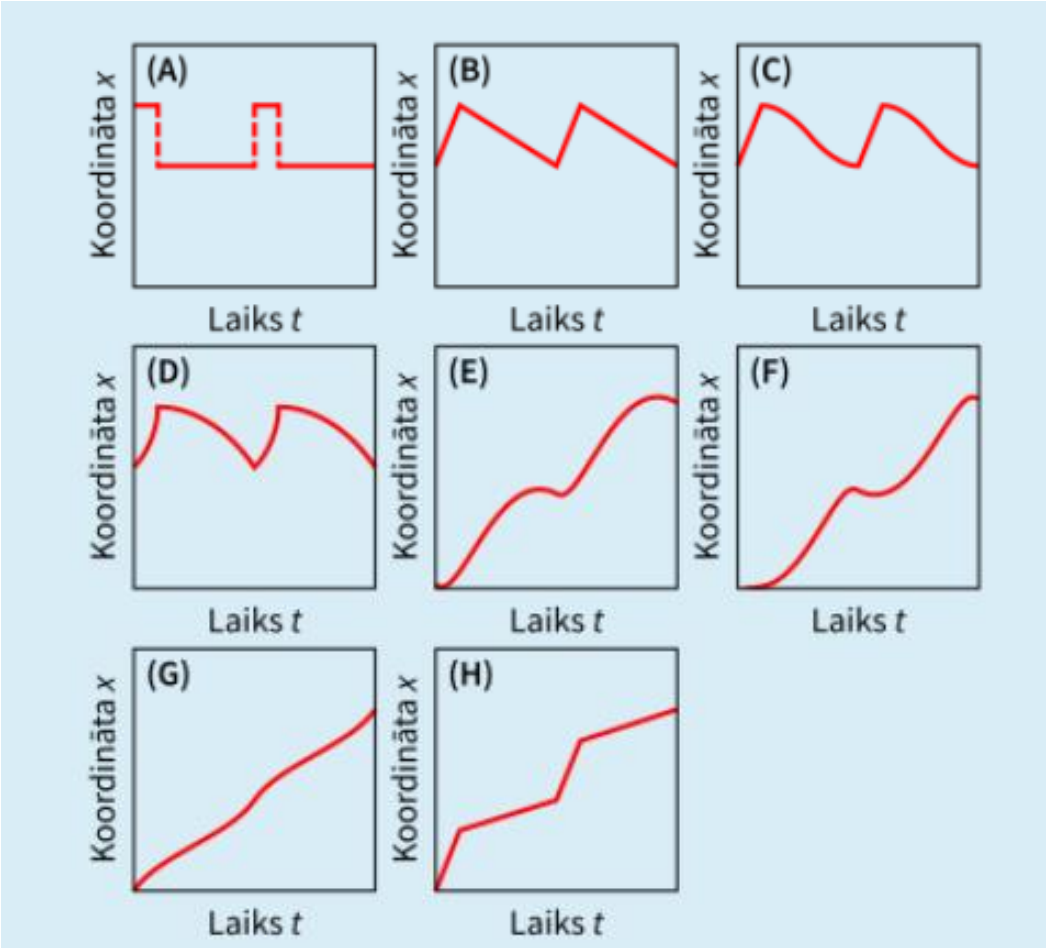
Beigu ātrums $v_2 = v_1 + at$, no kurienes $at = v_2 - v_1$

Tātad $v_{vid} = v_1 + 0{,}5(v_2 - v_1) = \frac{v_1 + v_2}{2}$

$$v_{vid} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{6 + 7}{2} = \mathbf{6{,}5\ \frac{m}{s}}$$

2) Pie tāda paša secinājuma var nonākt, ja apskata iepriekšējā jautājuma pareizās atbildes grafiku. Ja novelk taisnu līniju augstumā $\frac{v_1+v_2}{2}$, tad var redzēt, ka nogrieztie trīsstūrīši virs līnija tieši atbilst caurumiem, kas veidojas zem līnijas, jeb laukums zem grafika ir vienāds ar $\frac{v_1+v_2}{2} \cdot t$, kur pēc vidējā ātruma definīcijas $v_{vid} = \frac{v_1+v_2}{2} = 6{,}5\ \frac{m}{s}$

4. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Vai ir kāds brīdis, kad sportista koordināte samazinās?
– Vai grafikam var būt lauzuma punkti?



323. att.

Koordinātes visu laiku palielinās, jo ātrums visu laiku ir pozitīvs, tāpēc der tikai varianti G vai H (323. att.). H grafiks atbilstu situācijai, kad pārvietošanās notiek ar diviem dažādiem nemainīgiem ātrumiem, kas lauzuma vietās ļoti strauji mainās (bezgalīgi liels paātrinājums). Slēpotāja kustībā paātrinājums ir galīgs un uz slēpotāju iedarbojas visu laiku, tāpēc H grafiks neder.

Iepriekšējā jautājumā redzējām, ka ātrums mainās ļoti mazās robežās (no 6 - 7 m/s), kas nozīmē, ka kustība ir gandrīz ar nemainīgu ātrumu (kas atbilst grafikam G). Ja ieskatās, var redzēt, ka **G** grafikā ir nelieli vilnīši, kas atbilst šai nelielajai ātruma izmaiņai.

5.

A

$$t = \frac{L}{\mathrm{v}} = \frac{50}{330} = \mathbf{0{,}152\ s}$$

B

$$L_y = \frac{gt^2}{2} = \frac{9{,}81 \cdot 0{,}2^2}{2} = 0{,}196\ \mathrm{m} \approx \mathbf{20\ cm}$$

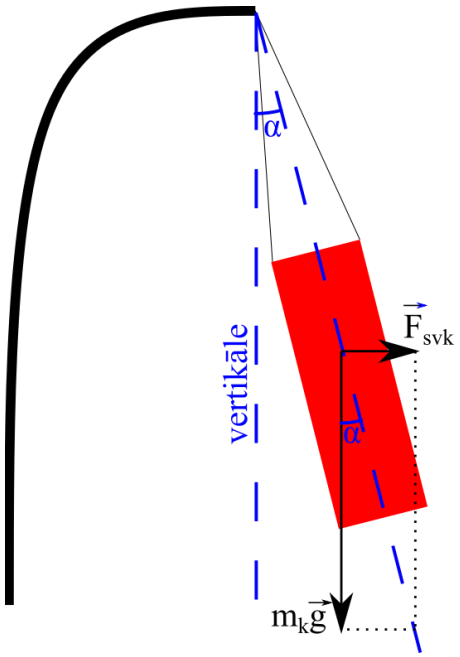
C Uzvedinoši jautājumi:

– Ar ko ir vienāda smaguma spēka un sānvēja radītā spēka attiecība? Kā šo attiecību noteikt attēlā?

– Ar ko ir vienāda brīvās krišanas paātrinājuma un sānvēja radītā paātrinājuma attiecība? Kā laiks ieiet sakarībā, kurā jānosaka attālums, ko veic objekts ar nemainīgu paātrinājumu un bez sākuma ātruma?

No attēla nosakām tgα starp karodziņa virzienu un vertikāli (skat. 324. att.). Atzīmējot spēkus, kas darbojas uz karodziņu, iegūstam, ka

$$tg\alpha = \frac{F_{k,sv}}{m_k g} = \frac{F_{l,sv}}{m_l g}$$



324. att.

Sānvēja radītais spēks, lodi paātrina sānvēja virzienā: $F_{l,sv} = m_l a_{sv}$.

Vertikālā virzienā lodes pārvietojums $L_y = \frac{gt^2}{2}$, no kurienes $g = \frac{2L_y}{t^2}$

Sānvēja virzienā lodes pārvietojums $L_x = \frac{a_{sv}t^2}{2}$, no kurienes $a_{sv} = \frac{2L_x}{t^2}$

$$tg\alpha = \frac{F_{l,sv}}{m_l g} = \frac{m_l a_{sv}}{m_l g} = \frac{L_x}{L_y}$$

Tātad

$$L_x = L_y tg\alpha = 10 \cdot 0{,}25 = \mathbf{2{,}5\ cm}$$

D Uzvedinošs jautājums:

– Kā mērķa diametrs ir saistīts ar mērķa rādiusu?

– Kāda trigonometriska sakarība saista attālumu līdz mērķim un mērķa rādiusu?

Trāpīs, ja novirze būs mazāka par mērķa rādiusu R = d/2 = 115 mm/2 = 0,0575 m

No taisnleņķa trijstūra, ko veido lodes trajektorija attiecībā pret mērķi: $tg\varphi = \frac{R}{L}$.

Tā kā leņķis ir mazs, tad $\varphi \approx tg\varphi = \frac{R}{L} = \frac{0{,}0575}{50} = 0{,}00115\ \mathrm{rad} = \mathbf{0{,}066^0}$

Guļus stāvoklī mērķa diametrs ir 45 mm, kas dotu vairāk nekā 2x mazāku rezultātu.

E Uzvedinošs jautājums:

– Kāds ir 2. Ņūtona likums? Kāda ir paātrinājuma definīcija?

Pēc otrā Ņūtona likuma un paātrinājuma definīcijas iegūstam:

$$F = ma = m\frac{\mathrm{v} - \mathrm{v}_0}{t} = 2{,}59 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{330}{0{,}2} = \mathbf{4{,}3\ N}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas tēmā – mehānika/ķermeņu kustība un spēki:

- Vienmērīga kustība (jautājums 5A).
- Vienmērīgi paātrināta kustība (jautājumi 1B, 1C, 1D, 2., 3., 4., 5B, 5C, 5E).
- Otrais Ņūtona likums (jautājumi 1A, 1D, 5C, 5E).
- Spēku līdzsvars (jautājums 5C).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t. sk.

- apraksta kustību izmantojot kustību raksturlielumus (jautājumi 1B, 1C, 1D, 2., 3., 4., 5A, 5B, 5C, 5D).
- apraksta fizikālo procesu izmantojot matemātiskās likumsakarības (viss uzdevums);
- izvērtē fizikālo lielumu maiņu, izmantojot funkcionālās sakarības starp tām (jautājumi 2., 4.);
- nolasa datus no zīmējuma (jautājums 5C);
- veic aprēķinus (jautājumi 1., 2., 3., 5.);
- veic darbības ar trigonometriskām funkcijām (jautājums 5D).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veic vienkāršas darbības – jautājumi 1A, 1C, 5A, 5B;
- veic darbības pēc algoritma, kombinē atsevišķus elementus – jautājumi 1B, 1D, 3., 5C, 5D, 5E;
- analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 2., 4.

Risinot šo uzdevumu skolēnam ir nepieciešams zināt pamata lietas par spēkiem un vienmērīgi paātrinātu kustību. Uzdevums ir salīdzinoši vienkāršs priekš olimpiādes uzdevumiem, jo liela daļa jautājumu ir atbildami veicot vienkāršas matemātiskas darbības (ko norāda SOLO līmeņi un jautājuma vērtība). Uzdevumā tiek saistīts spēks ar paātrinājumu, paātrinājums ar ātrumu un pārvietojumu, kas var sagādāt problēmas skolēnam.

9. klase

V2018-9-1. VILCIENI

A Kamēr vilciens brauc garām peronam, tā priekšgalam ir jānokļūst no perona sākuma līdz attālumam

$$l = l_0 + l_1 = 50 + 120 = 170 \text{ m}$$

no perona sākuma.

Tātad $\mathrm{v}_1 = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$t = \frac{l}{\mathrm{v}_1} = \frac{170}{25} = \mathbf{6{,}8\ s}$$

B **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik liels attālums ir jāveic pasažieru vilcienam, lai pabrauktu garām otrajam vilcienam?

– Cik liels ir pasažieru vilciena kustības ātrums attiecībā pret otru vilcienu?

Pasažieru vilcienam šajā gadījumā jāveic attālums – jānobrauc attālums, kas vienāds ar otra vilciena garumu un jāpabrauc tam garām pilnībā (savs garums):

$$l = l_1 + l_2 = 120 + 100 = 220 \text{ m}$$

Pasažieru vilciena kustības ātrums šoreiz jāskatās attiecībā pret otru vilcienu

$$\mathrm{v} = \mathrm{v}_1 - \mathrm{v}_2 = 90 - 70 = 20 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 5{,}56 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t = \frac{l}{\mathrm{v}} = \frac{220}{5{,}56} = \mathbf{39{,}6\ s}$$

C **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik liels attālums ir jāveic pasažieru vilcienam, lai pabrauktu garām kravas vilcienam?

– Cik liels ir pasažieru vilciena kustības ātrums attiecībā pret kravas vilcienu?

Pasažieru vilcienam šajā gadījumā jāveic attālums

$$l = l_1 + l_3 = 120 + 800 = 920 \text{ m}$$

Pasažieru vilciena kustības ātrums šoreiz jāskatās attiecībā pret kravas vilcienu

$$\mathrm{v} = \mathrm{v}_1 + \mathrm{v}_3 = 90 + 60 = 150 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 41{,}67 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t = \frac{l}{\mathrm{v}} = \frac{920}{41{,}67} = \mathbf{22{,}1\ s}$$

D Visa dzinēja jauda tiek lietota pretestības spēka pārvarēšanai.

$$P = \frac{A}{t} = \frac{F_{pr} s}{t}$$

$$\mathrm{v}_1 = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$P = F_{pr}\mathrm{v}_1 = 45000 \cdot 25 = 1125000$ W = **1125 kW**

E Uzvedinoši jautājumi:

– Kā ir mainījusies vilciena potenciālā enerģija uzbraucot kalnā *h* metrus virs kalna pakājes virsmas līmeņa?

– Kāds darbs ir jāveic vilcienam, braucot uzkalnā?

– Kāda sakarība saista vilciena veikto attālumu *s* un augstumu *h*, braucot tam uzkalnā ar nemainīgu slīpumu α = 10°?

Pieņemsim, ka vilciens ir uzbraucis uzkalnā *h* metrus virs kalna pakājes virsmas līmeņa. Tad tā potenciālā enerģija ir palielinājusies par $\Delta E_p = mgh$.

Braucot uzkalnā, ir jāveic darbs – gan pretestības spēka pārvarēšanai, gan potenciālās enerģijas palielināšanai.

$$P = \frac{F_{pr}s + mgh}{t}$$

Tā kā vilciens brauc uzkalnā, tad pieveikto augstumu un attālumu var izteikt no sakarībām taisnleņķa trijstūrī: $h = s \cdot sin\alpha$

$$P = \frac{F_{pr}s + mgssin\alpha}{t} = \frac{(F_{pr} + mgsin\alpha)s}{t} = (F_{pr} + mgsin\alpha)\mathrm{v}_1 =$$
$$= (45000 + 43000 \cdot 10 \cdot \sin 10^0) \cdot 25 = 2991717\ \mathrm{W} = \mathbf{2992\ kW}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos – vienmērīga taisnvirziena kustība (A, B un C jautājumi), mehāniskais darbs, jauda un enerģija (D un E jautājumi):

- ātrums vienmērīgā kustībā (A, B, C), mehāniskais darbs un jauda (D, E), potenciālā enerģija (E), sakarības taisnleņķa trijstūrī (E).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskas likumsakarības (visos uzdevuma jautājumos);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (B, C, E);
- pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (visos uzdevuma jautājumos);
- veikt aprēķinus (visos uzdevuma jautājumos).

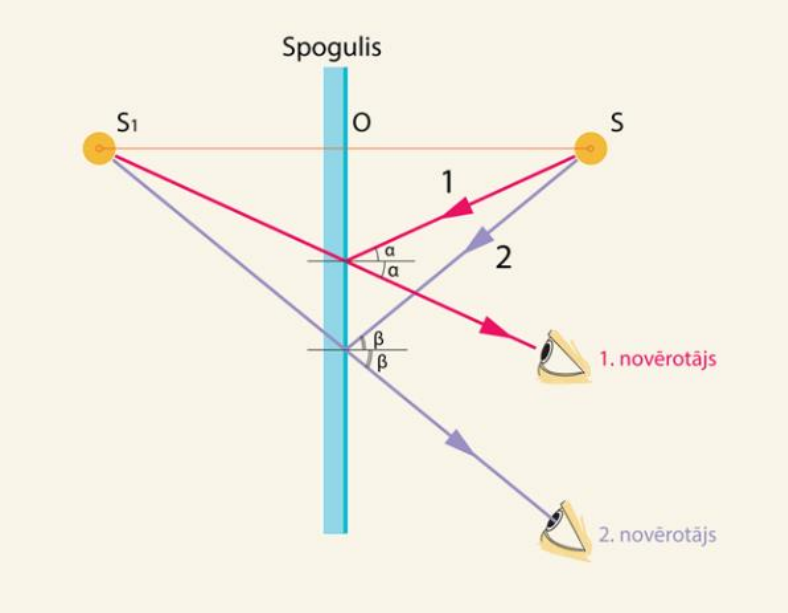
Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definēt, aprakstīt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – A un D jautājums;
- analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt B, C un E jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par vienmērīgas taisnvirziena kustības raksturlielumiem, par kustību relativitāti, par ķermeņu veikto darbu un attīstīto jaudu, kā arī procesā notiekošajām mehāniskās enerģijas izmaiņām. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, aprakstīt notiekošos procesus, izmantojot atbilstošās sakarības, izteikt fizikālos lielumus, apvienojot vairākas sakarības, veikt aprēķinus.

V2018-9-2. SPOGUĻU PASAULĒ

A Lai noskaidrotu, kurus no objektiem, kas veido attēlu redz Jānis un Anna, ir jāzīmē staru gaita plakanā spogulī no punkta, kur atrodas novērotājs uz punktiem, kuru objektu attēli veidojas spogulī. Staru gaitas konstruēšanas princips (skat. 325. attēlu).



325. att. *https://www.fizmix.lv/fiztemas/gaisma-16/atteli-spogulos*

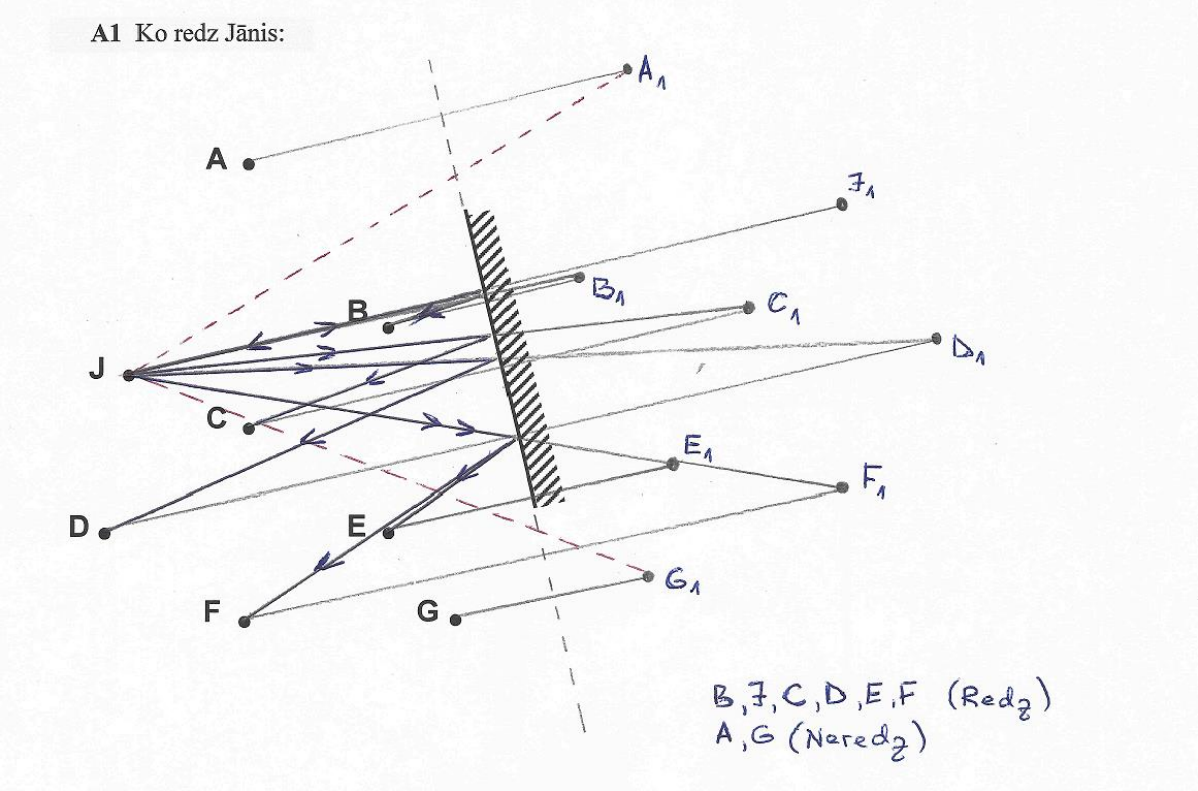
1) no objekta (piem., D) zīmē perpendikulu paralēli spoguļa atstarojošai virsmai, līniju turpina arī spogulim otra pusē;

2) atrod objekta (piem., D) attēlu (D_1), kas plakanā spogulī veidojas tādā pašā attālumā no spoguļa virsmas, cik tālu atrodas objekts no spoguļa;

3) no novērotāja zīmē gaismas staru, kas savieno novērotāju (J), attēlu (D_1) un objektu (D) – līdz spogulim iet gaismas stars, kurš turpinājumā nokļūst līdz attēlam (D1), sastopot spoguļa virsmu atstarojas un nokļūst uz objekta (D).

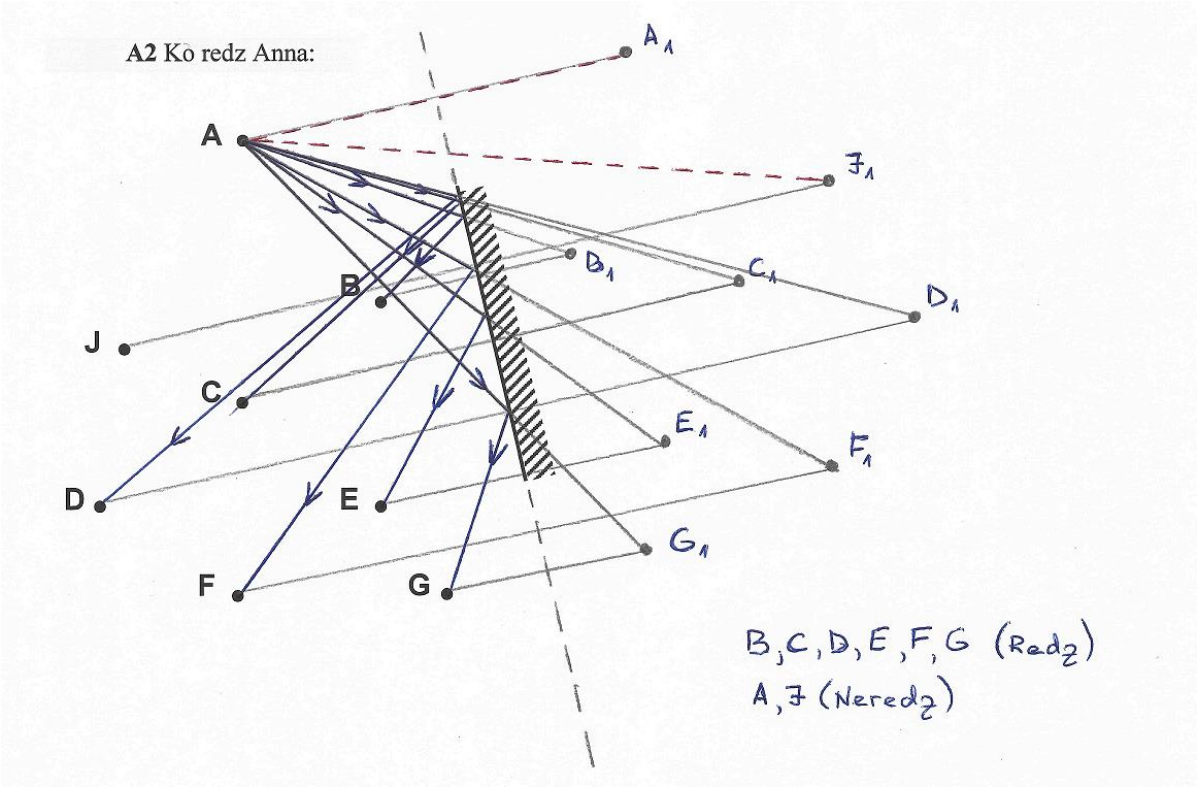
4) Ja gaismas stars no novērotāja iet caur spoguli, tad novērotājs redz konkrētā objekta attēlu, ja neiet caur spoguli, tad – neredz.

Tā konstruē staru gaitu katram objektam.



326. att.

- Jānis redz objektu atspulgus, kuri atrodas punktos: **B**, **J**, **C**, **D**, **E** un **F** (326. att.).



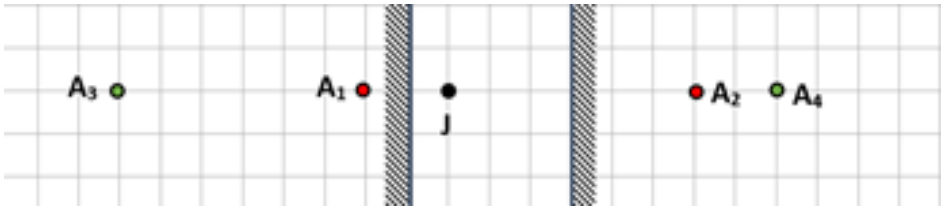
327. att.

- Anna redz objektu atspulgus, kuri atrodas punktos: **B**, **C**, **D**, **E**, **F** un **G** (327. att.).
- **Jānis redzēs tikai savu atspulgu, Anna neredzēs ne savu, ne Jāņa atspulgu spogulī**.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kur atradīsies Jānis starp spoguļiem izvēlētajā mērogā? Uzzīmē!
– Kur atradīsies Jāņa primārais attēls katrā no spoguļiem? Uzzīmē!
– Kur atradīsies primārā attēla attēls katrā no spoguļiem? Uzzīmē!
– Cik tālu no Jāņa atrodas katrs no primārajiem attēliem? Ievēro izvēlēto mērogu!
– Cik tālu no Jāņa atrodas katrs no primārā attēla attēliem? Ievēro izvēlēto mērogu!

- Izvēloties mērogu, piemēram, 2 rūtiņas = 1 metrs, uzzīmējam, kur atrodas Jānis (viņš varētu atrasties arī pusmetru no otra spoguļa, rezultāts no tā nemainās, izveidojās simetrisks zīmējums attiecībā pret otru spoguli).
- Uzzīmē primāros attēlus katrā no spoguļiem A1 un A2. Lai iegūtu otro šķietamo attēlu, jānosaka, cik tālu atrodas pirmais šķietamais attēls A1 no otrā spoguļa un jāatliek, aiz spoguļa tikpat tālu šķietamais attēls A4, kas veidojas no A1, līdzīgi pirmajā spogulī atliek attēlu A3, kas veidojas no A2. (328. att.).



328. att.

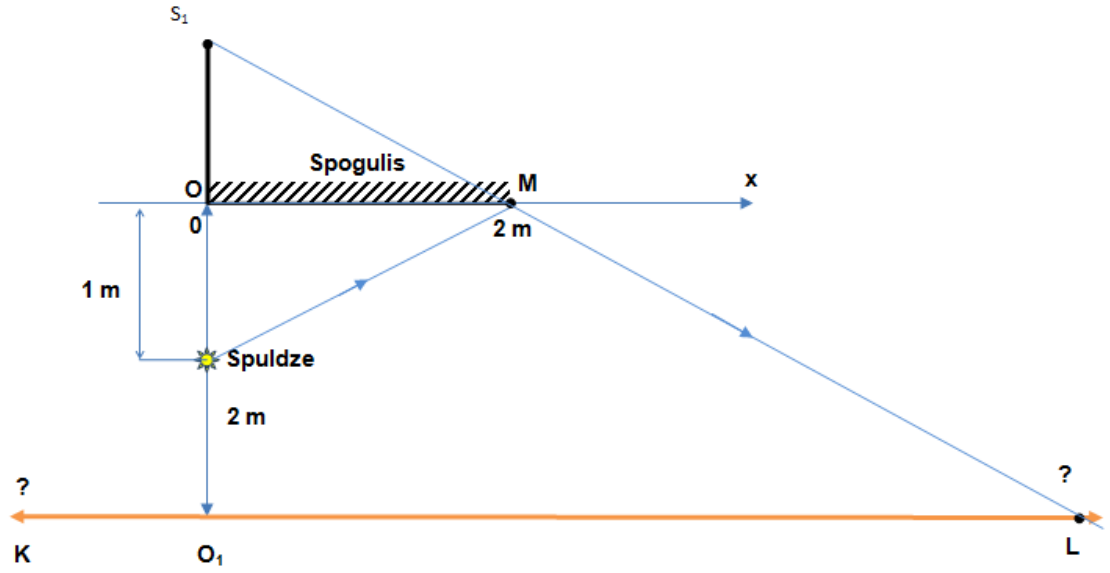
- Zinot mērogu, var noteikt, katra attēla atrašanās vietu.
  Pirmais šķietamais attēls katrā no spoguļiem
  A1: **1 m** no Jāņa
  A2: **3 m** no Jāņa

- Otrais šķietamais attēls katrā no spoguļiem
  A3: **4 m** no Jāņa
  A4: **4 m** no Jāņa

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kur veidojas spuldzes attēls S_1? Uzzīmē!
– Kur atrodas tālākais punkts uz labo un kur uz kreiso pusi, kurā joprojām ir saskatāms spuldzes attēls? Uzzīmē!
– Kādas ir līdzīgu trijstūru īpašības?

- Lai saprastu, no kādas vietas joprojām ir saskatāms spuldzes attēls, vispirms ir jāuzzīmē, kur veidojas spuldzes attēls S_1, kā arī gaismas stars robežgadījumam – tālākais punkts uz katru pusi, kurā vēl būs redzams spuldzes attēls spogulī (329. att.).



329. att.

- Kā redzams no zīmējuma, ja Anna ies uz kreiso pusi, viņa attēlu neredzēs, ja spers kaut soli uz kreiso pusi. Līdz ar to O_1K = **0**.

- Ja Anna ies uz labo pusi, tad attālumu O_1L, kurā viņa vēl varēs saskatīt spuldzes attēlu, var noteikt no līdzīgiem trijstūriem.

$\triangle S_10M$ un $\triangle S_10_1L$

$\frac{S_1O}{S_1O_1} = \frac{OM}{O_1L}$, no kurienes $O_1L = \frac{S_1O_1 \cdot OM}{S_1O}$

S_1O = 1 m (plakanā spogulī attēls veidojas tikpat lielā attālumā no spoguļa, cik tālu atrodas spīdošais objekts.

OM = 2 m

S_1O_1 = 3 m (nosakām no 329. attēla)

$$O_1L = \frac{3 \cdot 2}{1} = \mathbf{6\ m}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā – attēlu veidošanās plakanā spogulī:

- gaismas atstarošanās (A, B, C jautājumi), kādā attālumā veidojas objekta attēls no spoguļa (A, B, C), sakarības līdzīgos trijstūros (C).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- konstruēt staru gaitu plakanā spogulī (A, B, C);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (B, C);
- darboties ar mērogu (B);
- izdarīt secinājumus, pamatojoties uz konstrukcijas rezultātā iegūtajiem datiem (A, C).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – A jautājums;
- analizēt, redzēt kā daļu no veselā, pielietot – B un C jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par attēlu veidošanos plakanos spoguļos. Skolēnam jāprot konstruēt, kā veidojas attēls un vai to var vai nevar redzēt novērotājs atkarībā no atrašanās vietas, kā arī jāprot izvēlēties mērogu, un jāprot tajā strādāt.

V2018-9-3. SLĒGUMI

A

A1 Kopējā pretestība paralēlajā patērētāju slēgumā:

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R}=\frac{R_2+R_1}{R_1R_2} \Longrightarrow R=\frac{R_1R_2}{R_2+R_1}$$

$$R=\frac{6\cdot 6}{6+6}=\frac{36}{12}=\mathbf{3\ \Omega}$$

A2 Kopējā pretestība paralēlajā patērētāju slēgumā:

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R}=\frac{R_2R_3+R_1R_3+R_1R_2}{R_1R_2R_3} \Longrightarrow R=\frac{R_1R_2R_3}{R_2R_3+R_1R_3+R_1R_2}$$

$$R=\frac{6\cdot 6\cdot 6}{6\cdot 6+6\cdot 6+6\cdot 6}=\frac{216}{108}=\mathbf{2\ \Omega}$$

A3 Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda ir kopējā pretestība divu patērētāju paralēlslēgumā, ja patērētāju pretestības ir vienādas?

– Kāda ir kopējā pretestība trīs patērētāju paralēlslēgumā, ja patērētāju pretestības ir vienādas?

– Kāda ir vispārīgā izteiksme, kas apraksta kopējo pretestību *n* patērētāju paralēlslēgumā, ja patērētāju pretestības ir vienādas?

Lai ieraudzītu sakarību, vienādās patērētāju pretestības, kas veido slēgumu, apzīmēsim ar

$$R_0 = R_1 = R_2 = R_3 = \ldots$$

Divu patērētāju paralēlslēgumā:

$$R=\frac{R_1R_2}{R_2+R_1}=\frac{R_0^2}{2R_0}=\frac{R_0}{2}$$

Trīs patērētāju paralēlslēgumā:

$$R=\frac{R_1R_2R_3}{R_2R_3+R_1R_3+R_1R_2}=\frac{R_0^3}{3R_0^2}=\frac{R_0}{3}$$

n patērētāju slēgumā:

$$R=\frac{R_0}{n} \Rightarrow R=\mathbf{\frac{6}{n}\ \Omega}$$

B

B1 Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds ir Oma likums ķēdes posmam?
– Kā nosaka kopējo pretestību patērētāju virknes slēgumā?
– Kā nosaka kopējo pretestību patērētāju paralēlslēgumā?
– Kā nosaka kopējo pretestību patērētāju jauktajā slēgumā?

Oma likums ķēdes posmam: $I = \frac{U}{R}$

Virknes slēgumā patērētāju kopējā pretestība: $R_{kop} = R_1 + R_2$ Tātad var izdarīt secinājumu, ka virknē ir saslēgti patērētāji, kuru pretestības $R_1 = 0{,}8\ \Omega$ un $R_2 = \frac{1}{\frac{1}{2\ \Omega} + \frac{1}{R}}$.

Paralēlslēgumā patērētāju kopējā pretestība

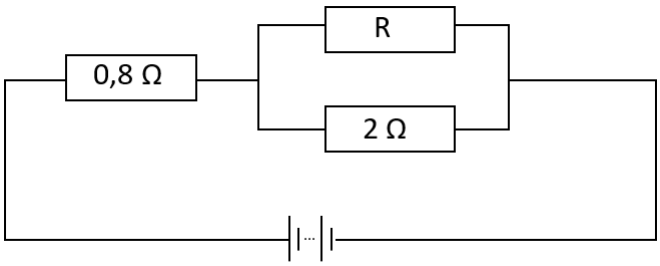
$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

no kurienes

$$R_2 = \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

Tātad var izdarīt secinājumu, ka R_2 kopējā pretestība ir divu paralēli saslēgtu vadītāju pretestība, kur katra atsevišķā patērētāja pretestības ir $R_3 = 2\ \Omega$ un $R_4 = R$

Pētera pirmais saslēgtais slēgums ir jauktais slēgums (330. att.):



330. att.

Par pareizu tiek uzskatīta arī atbilde, ja ir uzzīmēts ķēdes posms ar atbilstošo jaukto slēgumu.

B2 Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds ir Oma likums ķēdes posmam?
– Kā nosaka kopējo pretestību patērētāju virknes slēgumā?
– Kā nosaka kopējo pretestību patērētāju paralēlslēgumā?
– Kā nosaka kopējo pretestību patērētāju jauktajā slēgumā?

Oma likums ķēdes posmam: $I = \frac{U}{R}$

Paralēlslēgumā patērētāju kopējā pretestība

$$\frac{1}{R_{kop}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

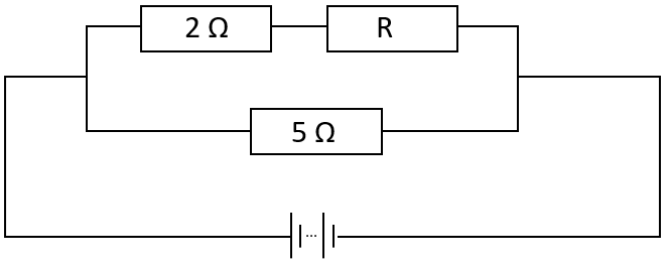
no kurienes

$$R_{kop} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

Tātad var izdarīt secinājumu, ka slēgumā ir paralēli saslēgti patērētāji, kuru pretestības ir $R_1 = 5\ \Omega$ un $R_2 = 2\ \Omega\ + R$

Virknes slēgumā patērētāju kopējā pretestība: $R_{virkne} = R_3 + R_4$ Tātad var izdarīt secinājumu, ka virknē ir saslēgti patērētāji, kuru pretestības $R_3 = 2\ \Omega$ un $R_4 = R$.

Pētera otrais saslēgtais slēgums ir jauktais slēgums (331. att.):



331. att.

Par pareizu tiek uzskatīta arī atbilde, ja ir uzzīmēts ķēdes posms ar atbilstošo jaukto slēgumu.

B3 Izmantojot Pētera pierakstītās Oma likuma izteiksmes pirmajam un otrajam slēgumam, var izteikt nezināmās pretestības lielumu un to aprēķināt.

$$4 = \frac{8}{0{,}8 + \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{R}}} \Rightarrow 0{,}8 + \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{R}} = 2 \Rightarrow \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{R}} = 1{,}2 \Rightarrow \frac{1}{2} + \frac{1}{R} = \frac{1}{1{,}2}$$

$$\frac{R+2}{2R} = \frac{1}{1{,}2} \Rightarrow 1{,}2(R+2) = 2R \Rightarrow 1{,}2R + 2{,}4 = 2R \Rightarrow 0{,}8R = 2{,}4 \Rightarrow R = \mathbf{3\ \Omega}$$

C

C1 Uzvedinoši jautājumi:

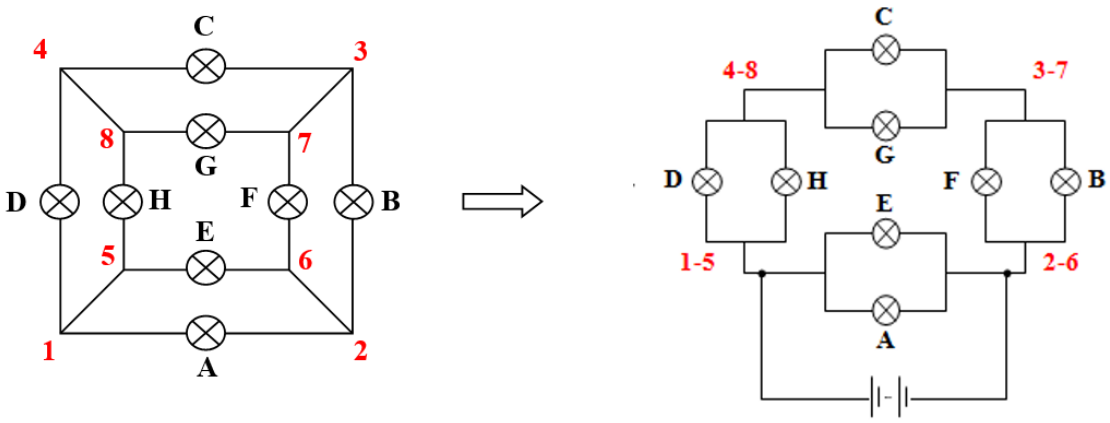
– Kāds izskatās dotā slēguma ekvivalentais slēgums? Uzzīmē! Vai dotajā slēgumā ir paralēli saslēgti patērētāju virknes slēgumi vai virknē saslēgti paralēlslēgumi? Kā sadalās spriegums šādā slēgumā?

– Kāda ir vispārīgā izteiksme, kas apraksta kopējo pretestību *n* patērētāju paralēlslēgumā, ja patērētāju pretestības ir vienādas?

– Salīdzini slēguma posma daļas, kas saslēgtas starp punktiem 1 un 2, kurām pielikts vienāds spriegums. Kuram posmam ir lielāka pretestība? Ko tas liecina par spuldzīšu kvēlošanas spožumu?

Lai būtu vieglāk analizēt, kas notiek, ja spriegums tiek pieslēgts starp punktiem 1 un 2, jāuzzīmē dotā slēguma ekvivalentais slēgums (332. att.).

Tā kā vadu pretestību neņemam vērā, tad ekvivalentajā slēgumā veidojas 4 spuldzīšu paralēlslēgumi, kas savstarpēji ir saslēgti virknē (punkts 1 un 5 sakrīt, jo tur ir viens un tas pats potenciāls, tāpat 4 un 8, 3 un 7, 2 un 6).



332. att.

Ja spriegums ir pielikts starp punktiem 1 un 2, tad spriegums uz spuldzīšu paralēlslēgumiem sadalās sekojoši:

$$U_{AE} = U_{DH} + U_{CG} + U_{FB}$$

Lai izdarītu secinājumus, kā kvēlos spuldzītes, jāsalīdzina slēguma posmu pretestības, kas saslēgti starp punktiem 1 un 2, jo tām pielikts vienāds spriegums.

Tā kā visām spuldzītēm ir vienādas pretestības R, tad katra paralēlslēguma kopējā pretestība ir $\frac{R}{2}$ (skat. punkta A3 risinājumu). Slēguma kopējā pretestība paralēlslēgumam starp punktiem 1 un 2: $R_{AE} = \frac{R}{2}$. Slēguma kopējā pretestība starp punktiem 2 un 1: $R_{DHCGFB} = \frac{3R}{2}$ (trīs paralēlslēgumi saslēgti virknē).

$$P = IU = \frac{U^2}{R}$$

Tā kā spriegumi ir vienādi, tad, jo lielāka būs posma pretestība, jo vājāk kvēlos spuldzītes.

Spuldzītes A un E kvēlos vienādi spoži un 3 x spožāk nekā pārējās sešas spuldzītes (D, H, C, G, F, B). Spuldzītes D, H, C, G, F un B kvēlos vienādi spoži, jo spuldzīšu pretestības ir vienādas, bet tās kvēlos vājāk nekā spuldzītes A un E.

C2 Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds izskatās dotā slēguma ekvivalentais slēgums? Uzzīmē! Vai dotajā slēgumā ir paralēli saslēgti patērētāju virknes slēgumi vai virknē saslēgti paralēlslēgumi?

– Kāda ir vispārīgā izteiksme, kas apraksta kopējo pretestību *n* patērētāju paralēlslēgumā, ja patērētāju pretestības ir vienādas?

– Salīdzini slēguma posma daļas, kas saslēgtas starp punktiem 1 un 7, kurām pielikts vienāds spriegums. Kuram posmam ir lielāka pretestība? Ko tas liecina par spuldzīšu kvēlošanas spožumu?

Tā kā vadu pretestību neņemam vērā, tad ekvivalentajā slēgumā veidojas 4 spuldzīšu paralēlslēgumi, kas savstarpēji ir saslēgti virknē (punkts 1 un 5 sakrīt, jo tur ir viens un tas pats potenciāls, tāpat 4 un 8, 3 un 7, 2 un 6). [skat. C1 risinājumu]

Lai izdarītu secinājumus, kā kvēlos spuldzītes, jāsalīdzina slēguma posmu pretestības, kas saslēgti starp punktiem 1 un 7, jo tām pielikts vienāds spriegums.

Tā kā visām spuldzītēm ir vienādas pretestības R, tad katra paralēlslēguma kopējā pretestība ir $\frac{R}{2}$ (skat. punkta A3 risinājumu).

$$P = IU = \frac{U^2}{R}$$

Tā kā spuldzīšu pretestības ir vienādas, tad visas spuldzītes kvēlos vienlīdz spoži. Kopējā pretestība diviem paralēlslēgumiem starp punktiem 1 un 7 un diviem paralēlslēgumiem starp punktiem 7 un 1: $R_{AEFB} = R_{DHGC} = \frac{2R}{2} = R$ (skat. punkta C1 risinājumu).

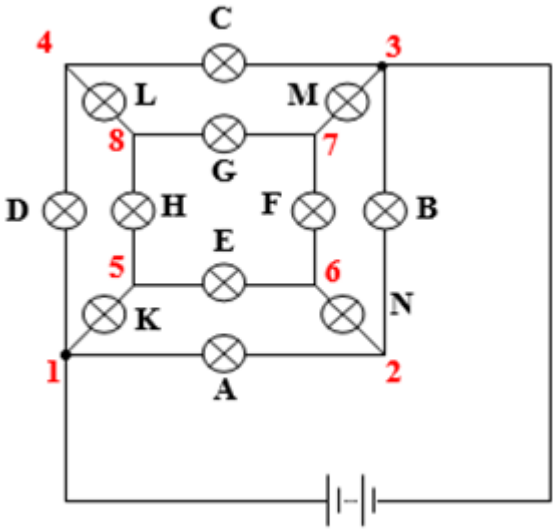
D Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds izskatās dotā slēguma ekvivalentais slēgums? Uzzīmē! Vai dotajā slēgumā ir paralēli saslēgti patērētāju virknes slēgumi vai virknē saslēgti paralēlslēgumi?

– Kuros slēguma punktos ir vienāds potenciāls? Starp, kuriem slēguma punktiem spriegums ir 0?

Skatoties no pieslēguma vietas – punktiem 1 un 3, veidojas simetriska shēma strāvai pusceļā (333. att.), tas nozīmē, ka punktos 2, 4, 6 un 8 ir vienāds potenciāls, t. i., starp šiem punktiem spriegums $U = 0$.

Tas nozīmē, ka **nekvēlos spuldzītes** starp punktiem 4 un 8, kā arī starp punktiem 2 un 6, t. i. **L** un **N**.



333. att.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā – elektriskās ķēdes:

- virknes slēgums (B, C, D jautājumi), paralēlais slēgums (visos uzdevuma jautājumos), Oma likums (B, C), kopējā pretestībā paralēlslēgumā (A, B, C), kopējā pretestība virknes slēgumā (B, C), jauktais slēgums (B, C, D), patērētāja jauda (C), sprieguma sadalījums virknes un paralēlslēgumā (C un D), elektriskās ķēdes punkta potenciāls (D).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskas likumsakarības (A1, A2);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (A3, B1, B2, C un D);
- zīmēt elektrisko slēgumu shēmas (B1 un B2);
- zīmēt ekvivalentās slēguma shēmas dotajam slēgumam (C un D);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu un analizēt izveidotās likumsakarības (A3, B3);
- izdarīt secinājumus, pamatojoties uz problēmas risinājuma rezultātā iegūtajiem datiem (A3, C un D);
- skaidrot procesus, lietojot fizikālos modeļus (visos uzdevuma jautājumos);
- veikt aprēķinus (A1, A2, B3).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt, veikt vienkāršu darbību – A1 un A2 jautājums;
- analizēt, izskaidrot cēloņus, redzēt kā daļu no veselā, pielietot – B, C un D jautājums;
- vispārināt, izvērtēt, radīt – A3 un C jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par virknes, paralēlo un jaukto slēgumu, kā arī par to raksturlielumu sakarībām. Skolēnam jāprot attēlot ekvivalento slēgumu dotajam slēgumam, attēlot slēgumu, ja dotas sakarības, kas saista strāvas stiprumu, spriegumu un patērētāju kopējo pretestību, kā arī analizēt, kā sadalās spriegums konkrētā slēgumā, kādas ir slēguma posmu kopējās pretestības un kā tas ietekmē patērētāja jaudu.

V2018-9-D. PUDELE AR STIKLA NŪJIŅU

A1 Uzvedinošs ieteikums:

– Vērojiet, kas notiek eksperimentā!
Kā redzams eksperimentā, pudele nogrimst.

A2 Uzvedinoši jautājumi:

– Vai tad pudele kopā ar nūjiņu kļuva smagāka? Kāds vēl var būt cēlonis nogrimšanai?
– Kā jaunajā situācijā ir mainījies bijušais līdzsvars starp smaguma spēku un Arhimēda spēku? Par cik kāds no šiem spēkiem ir mainījies?

Tā notiek tāpēc, ka **smaguma spēks**, kas darbojas uz sistēmu pudele-nūjiņa, **nemainās**, bet **ārējais tilpums kļūst mazāks**. Tā kā izbīdāmā nūjiņa tagad nemaz neizspiež ūdeni, tad Arhimēda spēks ir mazāks. Sākuma stāvoklī tas bija palielināts par tā ūdens svaru, ko izspieda nūjiņas gabals, kas atradās ārpus pudeles, bet zem ūdens līmeņa.

B1 Uzvedinoši jautājumi:

– Kas varētu izmainīties un kāpēc – pudeles iegrime vai stikla nūjiņas gala augstums virs ūdens līmeņa? Kāds tagad būtu spēku līdzsvars?

Abos gadījumos pudeles iegrime nemainītos, jo nemainītos abi spēki (**smaguma spēks un Arhimēda spēks**). Smaguma spēku neietekmē ķermeņa atrašanās zem ūdens vai virs tā, pudelē vai ārpus tās. Pudele ar nūjiņu turpinātu peldēt, tāpēc nemainītos arī Arhimēda spēks (tas būtu skaitliski vienāds ar smaguma spēku). Tā kā nūjiņa ir cilindriska (šķērsgriezuma laukums visur vienāds), tad nemainītos arī pudeles iegrime.

B2 Uzvedinošs jautājums:

– Kāds fizikālais lielums mainās, ja nūjiņu iestumj dziļāk pudelē vai izvelk nedaudz uz āru?

Lai pudele ar nūjiņu nepeldētu pa virsu, pietiekami jāsamazina šīs sistēmas ārējais tilpums. To **var panākt, iestumjot nūjiņu dziļāk pudelē**. Vilkšana uz āru tilpumu palielinātu un padarītu šo sistēmu vēl "nenogremdējamāku".

B3 Uzvedinoši jautājumi:

– Kas tad atšķir abas situācijas (nogrimušu un peldošu)? Cik lielām jābūt izmaiņām, lai nonāktu tieši uz robežas starp tām?

Stikla nūjiņa jāiestumj pudelē tieši **par 3 centimetriem dziļāk**. Tas nemainīs ne smaguma, ne Arhimēda spēku, turklāt līdzsvars starp tiem saglabāsies arī jebkurā lielākā dziļumā. Sistēmas tilpums būs vienāds

ar tādu ūdens tilpumu, kura svars skaitliski vienāds ar sistēmas smaguma spēku. Ja iestumsim mazāk, sistēma peldēs virspusē, ja iestumsim vairāk, tad sistēma grims.

C1 Uzvedinoši jautājumi:

– Kurā virzienā jāmaina sistēmas blīvums? Vai šajā nolūkā tai jāpievieno, vai jāatņem daļas, kas blīvākas par ūdeni?

Tā kā stikla blīvums 2,5 reizes lielāks par ūdens blīvumu un mūsu sistēma peld, tad nūjiņas gala nolaušana var sistēmas blīvumu tikai samazināt, un tā turpinās peldēt. Tāpēc **nāksies stikla nūjiņai garumu pievienot klāt**, lai blīvums pieaugtu, līdz sasniegtu ūdens blīvumu.

C2 Uzvedinoši jautājumi:

– Starp kādiem spēkiem jāpanāk līdzsvars?
– Vai vieglāk nebūtu matemātiski izteikt tikai attiecību starp abiem šiem spēkiem būtisko tilpumu vai nūjiņas garumu izmaiņām, kas nepieciešamas līdzsvaram? Tās skaitliskā vērtība uzdevumā jau dota!
– Vai jāņem vērā arī tas tilpums vai garums, kurš jau sākumā neļāva sistēmai brīvi atrasties jebkurā dziļumā?

Lai panāktu līdzsvaru starp sistēmas smaguma un Arhimēda spēku jebkurā dziļumā, smaguma spēkam, kas darbosies uz pievienoto gabaliņu, jābūt skaitliski vienādam ar tā ūdens svaru, ko izspiedīs pievienotais gabaliņš, kura garums ir x kopā ar nūjiņas gabalu L = 3 cm, kurš sākumā atradās virs ūdens līmeņa. Tā kā stikla un ūdens blīvumu attiecība ir 2,5, tad

$$\frac{L+x}{x} = 2{,}5 \Rightarrow L + x = 2{,}5x \Rightarrow L = 1{,}5x \Rightarrow x = \frac{L}{1{,}5}$$

Ja L = 3 cm, tad stikla nūjiņai jāpievieno x = **2 cm**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Demonstrējuma skaidrošanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Vielas masa, tilpums un blīvums.
- Ķermeņu mijiedarbība un spēki – smaguma spēks, svars, Arhimēda spēks. Spēku saskaitīšana, ja tie darbojas pa vienu taisni.
- Spiediens šķidrumos un gāzēs. Ķermeņa peldēšanas nosacījumi.

Demonstrējuma izskaidrošanai skolēnam jāprot:

- novērot, prognozēt, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Demonstrējuma skaidrošanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- vēro, ierauga – A1 jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista – A2 un B1 jautājums;
- izvērtē, prognozē, iztēlojas, izvirza hipotēzes – B2, B3, C1 un C2 jautājums.

V2018-9-E. BERZES KOEFICIENTA NOTEIKŠANA

Uzvedinoši jautājumi:

– Vai cilindrs (ja jau tāds ir dots) nebūtu jāripina no kāda augstuma?

– Vai no plāksnes un atsvariem var izveidot piemērotu slīpo plakni (kā gan savādāk lai organizē sadursmi, kurā zināma sākuma enerģija)?

– Kur jānovieto klucītis?

– Kādi lielumi jāizmēra, lai varētu aprēķināt berzes koeficientu?

Paredzētā darba gaita un mērījumu veikšanas metode

- Izveido slīpo plakni, izmantojot plāksni un divus atsvarus.
- Plāksnes galā uz galda novieto klucīti. [eksperimenta iekārtu var ilustrēt ar zīmējumu]
- Cilindru ripina no slīpās plaknes noteikta augstuma, kuru izmantojot var aprēķināt potenciālo enerģiju: $E_p = mgh$
- Izmēra klucīša veikto ceļu pēc cilindra un klucīša sadursmes, ko var izmantot berzes spēka veiktā darba aprēķināšanai: $A = \mu m_k g \cdot s$
- Pielīdzina, ka veiktais darbs būs klucītim piešķirtā enerģija, kas ir puse no cilindra enerģijas $A = 0{,}5E_p$
- Izsaka berzes koeficientu $\mu = \frac{mh}{2m_k s}$
- Atkārto mērījumus vismaz 3 reizes.

Vērtēšanas kritēriji:

- Par to, ka ir izdomāts, ka cilindrs jāripina pa rampu – 1 punkts.
- Par to, ka jāizmanto cilindra sadursme ar klucīti – 1 punkts.
- Par potenciālās enerģijas formulas izmantošanu – 0,5 punkti.
- Par berzes spēka darba izmantošanas formulu – 1 punkts.
- Par enerģijas un darba pielīdzināšanu – 1 punkts.
- Par pareizi izteiktu berzes koeficientu – 0,5 punkti.

- Pareizi izveidota tabula – 1 punkts.
- Vismaz 3 mērījumi – 1 punkts.
- Berzes koeficienta vērtība visos mērījumos ir līdzīga viena otrai – 0,5 punkti.

- Secinājumos minēts, ka berzes koeficientam visos mērījumos vajadzētu sakrist – 0,5 punkti.
- Secinājumos minēts, ka rezultātu ietekmē enerģijas zudumi (1 p.) un to dēļ iegūtā berzes koeficienta vērtība būs lielāka (1 p.).

Skaidrojums par uzdevumu:

Eksperimentālā uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Ķermeņu mijiedarbība un spēki – smaguma spēks, svars, berzes spēks.
- Darbs, jauda un enerģija. Ķermeņa kinētiskā enerģija un ķermeņa potenciālā enerģija. Enerģijas saglabāšanās likums.
- Vienkāršie mehānismi: slīpā plakne.

Eksperimentālā uzdevuma atrisināšanai skolēnam jāprot:

- Plānot eksperimentu, eksperimentēt, novērot, mērīt, prognozēt, noteikt lielumus, iegūt datus, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- Salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista.
- Izvērtē, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes.

10. klase

V2018-10-1. ŠĻAKATAS UN AKMENTIŅI

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kādā atskaites sistēmā ir ērtāk apskatīt šļakatu kustību – attiecībā pret novērotāju, kas vēro auto kustību no malas vai mašīnas atskaites sistēmā? Kāpēc?

– Kā jābūt vērstam akmentiņa ātrumam atraujoties no ceļa virsmas, lai tas sasniegtu lielāko augstumu *H* salīdzinājumā ar citiem akmentiņiem?

– Kas piešķir akmentiņam izlidošanas sākuma ātrumu? Cik liels tas ir?

- Apskatīsim šļakatu kustību mašīnas atskaites sistēmā. Tad katra riteņa malas punkta ātruma modulis ir vienāds ar automašīnas kustības ātrumu v, atšķiras tikai ātruma virzieni.
- Maksimālo augstumu *H* salīdzinājumā ar citiem akmentiņiem sasniegs tas akmentiņš, kurš atrausies no ceļa virsmas ar vertikāli vērstu ātrumu.
- Akmentiņam izlidošanas ātrumu piešķir automašīnas riteņi. Tātad akmentiņa izlidošanas ātrums, kas vērsts vertikāli v_{0y} = v = 20 m/s.
- Pēc vienmērīgi paātrinātās kustības formulām:

$$H = \frac{gt^2}{2} \text{ un } t = \frac{\mathrm{v}}{g} \Rightarrow H = \frac{\mathrm{v}^2}{2g} \Rightarrow H = \frac{20^2}{2 \cdot 10} = \mathbf{20\ m}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kādā atskaites sistēmā ir ērtāk apskatīt akmentiņu kustību – attiecībā pret novērotāju, kas vēro auto kustību no malas vai mašīnas atskaites sistēmā? Kāpēc?

– Kā noteikt laiku, ko akmentiņš pavadīs gaisā pēc atraušanās no ceļā virsmas, ja tas atraujas leņķī α, ko veido akmentiņa sākuma ātrums un vertikāle?

– Kā noteikt attālumu, ko akmentiņš nolidos pēc atraušanās no ceļa virsmas?

– Kādā leņķī akmentiņam jāizlido pēc atrāviena no ceļa virsmas, lai tas sasniegtu maksimālo lidojuma tālumu?

Tā kā abas mašīnas kustās ar vienādu ātrumu, akmentiņa trajektoriju ir ērti apskatīt mašīnas atskaites sistēmā. Ja leņķi starp sākuma ātrumu un vertikāli apzīmē ar α, akmentiņš pavada gaisā laiku (sasniedzot lidojuma maksimālo augstumu un nokrītot atpakaļ uz ceļa):

$$t = \frac{2\mathrm{v}_x}{g} = \frac{2\mathrm{v}cosa}{g}$$

Šajā laikā tas nolido attālumu:

$$s = v_x t = tvsina = \frac{2v^2 cosa \cdot sina}{g} = \frac{v^2 sin2a}{g}$$

Maksimālais lidojuma tālums būs gadījumā, kad a = 45°, tad

$$s = \frac{v^2 sin2a}{g} \Rightarrow s = \frac{20^2 \cdot 1}{10} = \mathbf{40\ m}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kā var noteikt akmentiņa atraušanās punkta augstumu, zinot riteņa rādiusu un leņķi, ko veido akmentiņa ātruma virziens un vertikāle?

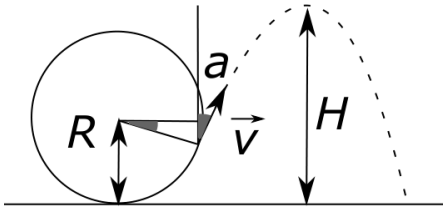
– Kā noteikt akmentiņa pacelšanās laiku, ko akmentiņš pavadīs gaisā pēc atraušanās no riteņa līdz sasniegs maksimālo pacelšanās augstumu?

– Kā noteikt akmentiņa maksimālo pacelšanās augstumu, ņemot vērā automašīnas riteņa izmērus?

– Cik maksimāli augstu paceļas akmentiņi? Nosaki grafiski, attēlojot augstuma izmaiņu atkarībā no leņķa, kuru veido akmentiņa izlidošanas ātrums un vertikāle!

- Apzīmēsim leņķi starp ātrumu un vertikāli ar *a*. No 334. attēla redzams, ka atraušanās punkta augstums ir vienāds ar

$$h = R - Rsina$$



334. att.

- Akmentiņa pacelšanās laiks pēc atraušanās no riteņa ir

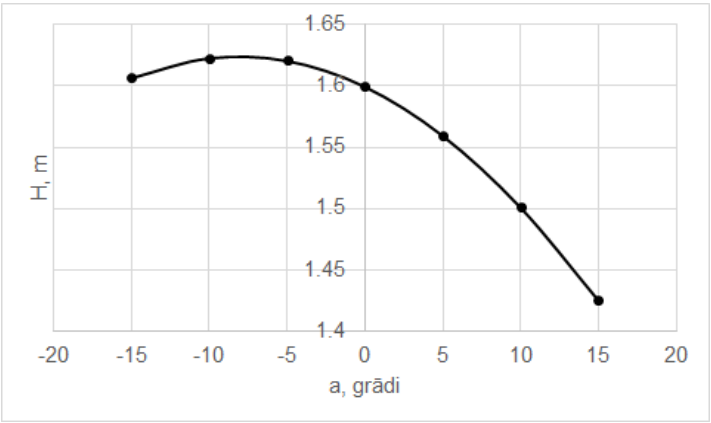
$$t = \frac{vcosa}{g}$$

- Lai noteiktu maksimālo akmentiņu pacelšanās augstumu, no ceļa virsmas, jāņem vērā A jautājuma risinājumā izteikto sakarību, cik augstu var pacelties akmentiņi, ja tie izlido no Zemes virsmas un atraušanās punkta augstums *h*, iegūstam sakarību pēc kuras var noteikt maksimālo augstumu *H*, ja ir jāņem vērā riteņa izmēri.

$$H = \frac{v_y^2}{2g} + h = \frac{(vcosa)^2}{2g} + R - Rsina$$

Tā kā atkarība no a ir sarežģīta, maksimālo augstuma vērtību vieglāk atrast grafiski, attēlojot *H(a)* (skat. 335. att.).

Maksimālais augstums *H* ir apmēram **1,62 m**.



335. att.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā – kustība gravitācijas laukā jeb par ķermeņu vertikālo un slīpo sviedienu:

- vienmērīgi paātrinātas kustības raksturlielumi: augstums (A, B, C jautājumi), ātrums (A, B, C), lidojuma tālums (B), ātruma projekcijas, ja ķermenis mests leņķī pret horizontu (B, C);
- trigonometriskās sakarības taisnleņķa trijstūrī (B, C).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (A, B, C);
- veidot fizikālo procesu matemātiskos pierakstus, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (A, B, C);
- lietot grafisko informāciju likumsakarību attēlošanai (C);
- izdarīt secinājumus, pamatojoties uz problēmas risinājumā iegūto grafiku (C);
- veikt aprēķinus (A, B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- izskaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt, pielietot – A un B jautājums;
- izvērtēt, vispārināt, radīt – C jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par ķermeņu kustību gravitācijas laukā – par vertikālo un slīpo sviedienu, jāprot aprakstīt ķermeņu kustību, izmantojot kustības raksturlielumus – ātrumu, augstumu, lidojuma tālumu, jāzina robežnosacījumi, kad ķermenis var uzlidot visaugstāk vai aizlidot vistālāk. Skolēnam jāprot attēlot grafiski maksimālā augstuma atkarību no akmentiņa izlidošanas leņķa, izmantojot spriedumos iegūto likumsakarību, lai iegūtu rezultātu.

V2018-10-2. TESLA KOSMOSĀ

A Orbītā ap Zemi raķeti notur gravitācijas spēks, kas arī ir centrtieces spēks:

$$G\frac{mM}{(R+h)^2}=\frac{m\mathrm{v}^2}{R+h}$$

tātad orbitālais ātrums ir

$$\mathrm{v}=\sqrt{\frac{GM}{R+h}}\Rightarrow \mathrm{v}=\sqrt{\frac{6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot 6{,}0\cdot 10^{24}}{6400+600}}=7{,}6\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$$

No grafika nolasa atbilstošo patērētās degvielas masu m = **900 kg**.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kas ir afēlijs un kas ir perihēlijs?

– Kāds ir impulsa momenta saglabāšanās likums aplūkotajā situācijā? Uzraksti to elektromobilim, kā atskaites punktus izvēloties sākumpunktu jeb perihēliju un afēliju!

– Kāds ir enerģijas nezūdamības jeb saglabāšanās likums aplūkotajā situācijā? Uzraksti to elektromobilim, kā atskaites punktus izvēloties sākumpunktu jeb perihēliju un afēliju!

– Kā var noteikt elektromobiļa maksimālo attālumu no Saules, ņemot vērā impulsa momenta un enerģijas saglabāšanās likumus?

– Ko nosaka III Keplera likums, ja aplūkojam Zemes un elektromobiļa kustību ap Sauli?

– Cik liela ir viena astronomiskā vienība kilometros? Kāpēc to ir izdevīgi izmantot aprēķinos?

Sākumpunktā jeb perihēlijā (debess ķermeņa orbītas punkts, kas atrodas vistuvāk Saulei, ap kuru tas riņķo) elektromobiļa ātrums ir v_P, attālums no Saules — R_P, afēlijā (debess ķermeņa orbītas punkts, kas atrodas vistālāk no Saules, ap kuru tas riņķo) v_A, attālums no Saules r_A.

Impulsa moments $L = mvR$, kur m – elektromobiļa masa, v – elektromobiļa ātrums un R – elektromobiļa attālums līdz rotācijas asij.

Impulsa momenta saglabāšanās:

$$v_p R_p = v_A r_A$$

Enerģijas nezūdamības likums:

$$E_{kinP} + E_{potP} = E_{kinA} + E_{potA}$$

Brīvās krišanas paātrinājums uz debess ķermeņa $g = G\frac{M}{R^2}$

Kinētiskā enerģija $E_{kin} = \frac{mv^2}{2}$

Potenciālā enerģija debess ķermeņa tuvumā: $E_{pot} = -mgR = -G\frac{mMR}{R^2} = -G\frac{mM}{R}$

Enerģijas nezūdamības likums, kā atskaites punktus izraugoties sākumpunktu P un afēliju A:

$v_p^2 - 2G\frac{M}{R_p} = v_A^2 - 2G\frac{M}{r_A}$, no kurienes var izrēķināt elektromobiļa maksimālo attālumu no Saules:

- no impulsa momenta saglabāšanās

$$v_A = \frac{v_p R_p}{r_A}$$

- no enerģijas nezūdamības likuma

$$v_p^2 - v_A^2 = 2G\frac{M}{R_p} - 2G\frac{M}{r_A}$$

$$(v_p - v_A)(v_p + v_A) = 2GM\left(\frac{1}{R_p} - \frac{1}{r_A}\right)$$

$$\left(v_p - \frac{v_p R_p}{r_A}\right)\left(v_p + \frac{v_p R_p}{r_A}\right) = 2GM\left(\frac{r_A - R_p}{R_p r_A}\right)$$

$$v_p^2\left(1 - \frac{R_p}{r_A}\right)\left(1 + \frac{R_p}{r_A}\right) = 2GM\left(\frac{r_A - R_p}{R_p r_A}\right)$$

$$v_p^2\left(\frac{r_A - R_p}{r_A}\right)\left(\frac{r_A + R_p}{r_A}\right) = 2GM\left(\frac{r_A - R_p}{R_p r_A}\right)$$

vienādos reizinātājus saīsina un iegūst

$$v_p^2\left(\frac{r_A + R_p}{r_A}\right) = \frac{2GM}{R_p}$$

$$v_p^2(r_A + R_p) = \frac{2GMr_A}{R_p}$$

$$v_p^2 r_A + v_p^2 R_p = \frac{2GMr_A}{R_p}$$

$$r_A\left(\mathrm{v}_p^2-\frac{2GM}{R_p}\right)=-\mathrm{v}_p^2R_p$$
$$r_A\left(\frac{2GM-R_p\mathrm{v}_p^2}{R_p}\right)=\mathrm{v}_p^2R_p$$

$$r_A=\frac{R_p^2\mathrm{v}_\mathrm{p}^2}{2GM-R_p\mathrm{v}_\mathrm{p}^2}=\frac{(1{,}50\cdot10^{11})^2\cdot(33{,}3\cdot10^3)^2}{2\cdot6{,}67\cdot10^{-11}\cdot1{,}99\cdot10^{30}-1{,}50\cdot10^{11}\cdot(33{,}3\cdot10^3)^2}=\mathbf{2{,}52\cdot10^{11}\ m}$$

Lai noskaidrotu elektromobiļa apriņķošanas periodu ap Sauli, izmanto Keplera III likumu:

$$\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{a_2}{a_1}\right)^{3/2}$$

kur T_1 – Zemes apriņķošanas periods ap Sauli gados, a_1 – attālums no Saules līdz Zemei astronomiskajās vienībās. $a_1 = R_\mathrm{p} = 1\mathrm{AU} = 150\cdot10^6$ km $= 150\cdot10^9$ m, $T_1 = 1$ gads

T_2 – elektromobiļa apriņķošanas periods ap Sauli, a_2 – vidējais attālums no Saules līdz elektromobilim (jāizsaka astronomiskajās vienībās). Tā kā orbīta nav riņķveida, tad vidējais attālums:

$$a_2=\frac{R_p+r_A}{2}$$

$r_\mathrm{A} = 2{,}52\cdot10^{11}$ m $= 1{,}68$ AU

Tātad

$$T_2=T_1\left(\frac{R_p+r_a}{2R_p}\right)^{3/2}=1\cdot\left(\frac{1+1{,}68}{2\cdot1}\right)^{3/2}=\mathbf{1{,}55\ gadi}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds ir impulsa saglabāšanās likums aplūkotajā situācijā?

– Kāds ir impulsa momenta saglabāšanās likums aplūkotajā situācijā? Uzraksti to, izmantojot impulsa momentu lineārā kustībā un rotācijas kustībā!

Impulsa saglabāšanās likums: $m\mathrm{v}=(m+M)u$, no kurienes elektromobiļa masas centra lineārais ātrums

$$u=\frac{m\mathrm{v}}{m+M}$$

Tā kā asteroīda masa m ir daudzas reizes mazāka par elektromobiļa masu M, t. i. $m \ll M$, tad

$$u=\mathrm{v}\frac{m}{M}=100\cdot\frac{10}{1500}=\mathbf{0{,}66\ \frac{m}{s}}$$

Impulsa moments $L = mvd$, kur m – asteroīda masa, v – asteroīda ātrums un d – asteroīda attālums līdz rotācijas asij. Impulsa moments rotācijas kustībā $L=I\omega$

Impulsa momenta saglabāšanās, sākumā kustās tikai asteroīds, pēc sadursmes asteroīds turpina kustēties kopā ar elektromobili un sākas arī rotācija. Lineārā un leņķiskā ātruma saistība: v $= \omega d$

$$mvd = md^2\omega + I\omega$$

$mvd = (md^2 + I)\omega$, no kurienes $\omega = \frac{mvd}{md^2+I}$

Tā kā *m* << *M*, tas reducējas uz

$$\omega = \frac{mvd}{I} = \frac{10 \cdot 100 \cdot 1{,}1}{2000} = \mathbf{0{,}55}\ \frac{\mathbf{rad}}{\mathbf{s}}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos par gravitāciju, debess objektu kustību kosmiskajiem ātrumiem (A, C jautājumi), par impulsu un impulsa momentu virzes un rotācijas kustībā (B, C jautājumi):

- gravitācijas spēks (A), centrtieces paātrinājums (A), orbitālais ātrums (A), kustības impulss (C), impulsa moments lineārā kustībā (B, C) un rotācijas kustībā (C), brīvās krišanas paātrinājuma atkarība no debess ķermeņa masas un izmēriem (B), kinētiskā enerģija (B), potenciālā enerģija debess ķermeņa gravitācijas laukā (B), astronomiskā vienība (C), perihēlijs un afēlijs (B, C);
- impulsa saglabāšanās likums (C), impulsa momenta saglabāšanās likums (B, C), enerģijas nezūdamības likums (B), III Keplera likums (B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (A, B, C);
- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskas likumsakarības (A, C);
- veidot fizikālo procesu matemātiskos pierakstus, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (B);
- nolasīt datus no grafika (A);
- saskatīt situācijās impulsa (C), impulsa momenta (B, C) un enerģijas (B) nezūdamības likumus;
- pārveidot vienības (B, C);
- saistīt SI un ārpussistēmas vienības (B);
- veikt aprēķinus (A, B, C).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- aprakstīt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – A jautājums;
- izskaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt, pielietot – B jautājums;
- izvērtēt, vispārināt, radīt – C jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par impulsa, impulsa saglabāšanās un enerģijas nezūdamības likumu izpausmēm aplūkotajās situācijās. Skolēnam jāprot aprakstīt aplūkotās situācijas, izmantojot iepriekš minētos nezūdamības likumus, jāprot pārveidot attāluma SI vienības astronomiskajās vienībās, kas vienkāršo aprēķinu veikšanu, izmantojot III Keplera likumu. Skolēnam nepieciešamas arī prasmes pārveidot matemātiskās izteiksmes, lai iegūtu rezultātu.

V2018-10-3. AKUSTISKAIS DOPLERA EFEKTS

1.

A Attālums vienmērīgā kustībā: $s = \mathrm{v}t$, līdz ar to

A1 skaņas vilnis viena perioda laikā veiks attālumu $\boldsymbol{\Delta x_c = cT}$

A2 skaņas avots viena perioda laikā veiks attālumu $\boldsymbol{\Delta x_v = vT}$

A3 abu attālumu starpība $\boldsymbol{\Delta l} = \Delta x_c - \Delta x_\mathrm{v} = \boldsymbol{T(c - v)}$

A4 Uzvedinoši jautājumi:

– Kā aprēķina skaņas viļņa garumu?

– Kāda izteiksme apraksta skaņas viļņa garumu pēc viena pilna perioda, ja skaņas avots pārvietojas skaņas izplatīšanās virzienā?

Skaņas viļņa garums

$$\lambda^* = \frac{c}{f^*}$$

Skaņas viļņa garums pēc viena pilna perioda:

$$\lambda^* = \Delta l = T(c - \mathrm{v}) = \frac{1}{f_0}(c - \mathrm{v})$$

no kurienes

$$\frac{c}{f^*} = \frac{1}{f_0}(c - \mathrm{v})$$

Tātad uztvertā viļņa frekvence f^*, ja skaņas avots, kustas ar ātrumu v un f_0 – sākotnējā skaņas viļņu frekvence:

$$\boldsymbol{f^* = f_0 \frac{c}{c - \mathrm{v}} = f_0 \frac{1}{1 - \frac{\mathrm{v}}{c}}}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds ir skaņas viļņa veiktais attālums viena perioda laikā? Kāds ir skaņas uztvērēja veiktais attālums viena perioda laikā? Kāda ir šo attālumu summa?

– Kāda ir skaņas viļņu fāzu starpība pēc viena pilna perioda, ja skaņas uztvērējs pārvietojas skaņas avotam pretī? Aizvieto kustīgu skaņas uztvērēju ar nekustīgu. Lai noteiktu sirēnas frekvenci, tad skaņas viļņu fāzu starpībai ir jābūt tikpat lielai kā kustīga uztvērēja gadījumā.

Ideja gan mazliet atšķiras no A4 risinājumā apskatītās, jo šajā situācijā skaņas viļņu fāzu starpība pēc viena pilna perioda T^* nepaliek 2π, bet kļūst lielāka. Ideja šeit būtu aizvietot uztvērēju, kas kustas, ar statisku uztvērēju, kas saņemtu tādu pašu fāzu starpību viena perioda laikā T*:

- Skaņas viļņa veiktais attālums pilna perioda laikā: $\Delta \mathrm{x_c} = cT^*$
- Skaņas uztvērēja veiktais attālums pilna perioda laikā: $\Delta \mathrm{x_u} = uT^*$
- kopējais attālums pilna perioda laikā: $\Delta l = \Delta \mathrm{x_c} + \Delta \mathrm{x_u} = T^*(c + u) = \frac{1}{f^*}(c + u)$
- fāzu starpība skaņas viļņiem pēc viena pilna perioda $\Delta\varphi_1 = 2\pi \frac{\Delta l}{\lambda^*} = 2\pi f^* \frac{\Delta l}{c} = 2\pi\left(1 + \frac{u}{c}\right)$
  - kur skaņas viļņa garums $\lambda^* = \frac{c}{f^*}$
  - kur kopējais attālums $\Delta l = \frac{1}{f^*}(c + u)$

- fāzu starpībai skaņas viļņiem, kas nonāk līdz statiskam uztvērējam apskatītajā modelī ir jābūt tikpat lielai, kā kustīga uztvērēja gadījumā: $\Delta\varphi_2 = \Delta\varphi_1$
  - $\Delta\varphi_2 = 2\pi\frac{T^* c}{\lambda} = 2\pi\frac{f}{f^*}$, kur periods $T^* = \frac{1}{f^*}$ un sirēnas frekvence $f = \frac{c}{\lambda}$
  - $\Delta\varphi_1 = 2\pi\left(1+\frac{u}{c}\right)$ un $\Delta\varphi_2 = 2\pi\frac{f}{f^*}$, tā kā $\Delta\varphi_2 = \Delta\varphi_1$, tad $\frac{f}{f^*} = \left(1+\frac{u}{c}\right)$, no kurienes

$$f = f^*\left(1+\frac{u}{c}\right)$$

- tātad novērotāja, kurš kustas ar ātrumu *u* uztvertā sirēnas frekvence *f*, ja skaņas avots kustas ar ātrumu v

$$\boldsymbol{f = f^*\left(1+\frac{u}{c}\right) = f_0\frac{\left(1+\frac{u}{c}\right)}{\left(1-\frac{v}{c}\right)}}$$

kur sākotnējā skaņas viļņu frekvence ir f_0 un

$$f^* = f_0\frac{1}{1-\frac{v}{c}}$$

(skat. A4 risinājumu).

C

C1 Nolasa datus no dotā attēla, kurā parādīta detektora uztvertā frekvence. Meklē frekvences robežvērtības, kur vēl ir nolasāma uztvertās skaņas intensitāte.

$f_{min} = 735 \mp 10$ Hz un $f_{max} = 875 \mp 10\ Hz$

C2 Var nolasīt no 126. attēla aptuveni kā vidējo frekvences vērtību starp abiem robežgadījumiem. Ja skaņas avots nekustās, tad frekvence nemainās, bet, ja kustās ar noteiktu ātrumu, tad uztveram augstāku un zemāku skaņas frekvenci, skaņas avotam tuvojoties un attālinoties no skaņas uztvērēja.

$$f_0 = \frac{f_{min}+f_{max}}{2} \approx \boldsymbol{800 \pm 15\ \text{Hz}}$$

C3

$$f_{max} = f_0\frac{1}{1-\frac{v}{c}}$$

(skat. A4 risinājumu), no kurienes

$$1-\frac{v}{c} = \frac{f_0}{f_{max}} \rightarrow \frac{v}{c} = 1-\frac{f_0}{f_{max}} \rightarrow v = c\left(1-\frac{f_0}{f_{max}}\right) = 330\left(1-\frac{800}{875}\right) = \boldsymbol{30\ \frac{m}{s}}$$

C4 Uzvedinoši jautājumi:

– Kā mainās skaņas viļņa veiktais pārvietojums no policijas auto sirēnas līdz detektoram, ja auto brauc garām detektoram ar noteiktu ātrumu? Uzzīmē situāciju!

– Kāds leņķis veidojas starp auto ātruma virzienu un skaņas izplatīšanās ātruma virzienu?

– Kā skaņas frekvence mainās laikā automašīnai kustoties attiecībā pret detektoru? Lai to novērtētu izmanto tuvinājumus, kas doti uzdevuma nosacījumos!

– Kurš apgabals dotajā attēlā ilustrē, kad automašīna atrodas detektora uztvērēja zonā?

– Kad automašīna iebrauc detektora uztvērēja zonā un cik lielu frekvenci uztver detektors šajā brīdī? Kad automašīna izbrauc no detektora uztvērēja zonas un cik lielu frekvenci uztver detektors šajā brīdī? Nosaki, izmantojot doto attēlu!

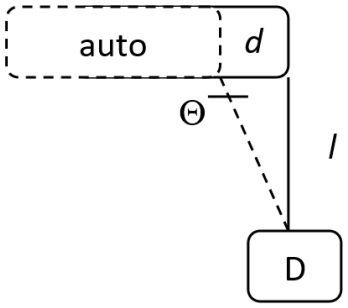
- Automašīnas kustības ātruma virziens un skaņas izplatīšanās ātruma virziens veido leņķi Θ (skat. 336. att.).
- Uztvertā skaņas viļņa frekvence (jāpielieto tuvinājumi):

$$f^* = f_0 \frac{1}{1+\frac{\mathrm{v}}{c}} \approx f_0\left(1-\frac{\mathrm{v}}{c}\right) \approx f_0\left(1-\frac{\mathrm{v}_0 cos\Theta}{c}\right) \approx f_0\left(1-\frac{\mathrm{v}_0 \sin(90^0-\Theta)}{c}\right)$$

Apzīmēsim $90^0 - \Theta = \alpha$

Tā kā $\Theta \approx 90^0$, tad α ir mazs lielums, t. i. $\sin(90° - \Theta) = \sin(\alpha) \approx tg(\alpha) = \frac{d}{l} = \frac{\mathrm{v}_0 t}{l}$

kur *l* – detektora attālums līdz ceļam, pa kuru pārvietojas automašīna, *d* – attālums, ko automašīna veic laikā *t* (skat. 336. att.) un automašīnas kustības ātrums $\mathrm{v}_0 = \mathrm{v} = 30\ \mathrm{m/s}$ (skat. C3 jautājuma risinājumu).



336. att.

- Iegūstam izteiksmi, kas apraksta kā skaņas frekvence mainās laikā, automobilim kustoties:

$$f^* = f_0\left(1-\frac{\mathrm{v}_0 tg\alpha}{c}\right) = f_0 - f_0\frac{\mathrm{v}_0}{c}\cdot\frac{d}{l} = f_0 - f_0\frac{\mathrm{v}_0}{c}\cdot\frac{\mathrm{v}_0 t}{l}$$
$$= f_0 - f_0\frac{\mathrm{v}_0^2}{cl}t = f_0 - kt$$

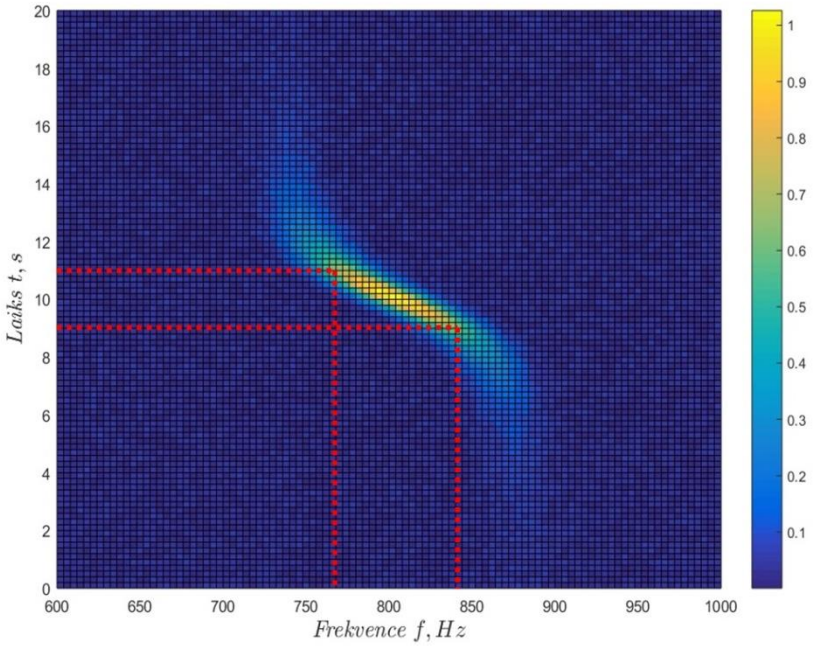
kur koeficients *k* raksturo frekvences maiņu laikā:

$$k = f_0\frac{\mathrm{v}_0^2}{cl} = \frac{f_0 - f^*}{t} = \frac{|\Delta f|}{|\Delta t|}$$

- Koeficientu *k* var noteikt no dotā attēla, apskatot robežgadījumus, kad automašīna iebrauc detektora uztveršanas zonā un kad izbrauc no tās.

Apskatām apgabalu (skat. 337. att.), kad frekvence ir visintensīvākā (dzeltenā krāsā), nosakām atbilstošās frekvences robežvērtības un atbilstošos laika momentus (to var novērtēt aptuveni). Vienai iedaļai uz laika ass atbilst 0,2 s, vienai iedaļai uz frekvences ass atbilst 4 Hz.

- kad automašīna iebrauc detektora uztveršanas zonā, tad frekvence ir lielāka: $t_1 = 9{,}0$ s un $f_1 = 844$ Hz
- kad automašīna izbrauc no detektora uztveršanas zonas, tad frekvence ir mazāka: $t_2 = 11{,}0$ s un $f_2 = 776$ Hz



337. att.

$$k = \frac{|f_2 - f_1|}{|t_2 - t_1|} \approx \frac{|776 - 844|}{|11{,}0 - 9{,}0|} = \frac{68}{2} = 34$$

- Detektors atrodas attālumā *l* no ceļa, pa kuru brauc auto:

$$l = \frac{f_0 \mathrm{v}_0^2}{kc} = \frac{800 \cdot 30^2}{34 \cdot 330} = \frac{720\,000}{11220} = \mathbf{64{,}2 \pm 10\ m}$$

D

D1 Uzvedinoši jautājumi:

– Kā skaņas frekvence mainās laikā automašīnai kustoties attiecībā pret detektoru pretējā virzienā salīdzinājumā ar iepriekšējā jautājumā (C4) apskatīto situāciju? Lai to novērtētu izmanto tuvinājumus, kas doti uzdevuma nosacījumos!

– Kurš apgabals dotajā attēlā ilustrē posmu, kad automašīna pēc pagrieziena paātrinās? Cik ilgā laikā automašīna paātrinās?

– Cik liela ir automašīnas sirēnas frekvence brīdī, kad automašīna uzsāk kustību? Cik liela ir automašīnas sirēnas frekvence brīdī, kad automašīna ir beigusi paātrināties un brauc vienmērīgi pa ceļu garām detektoram? Izmanto 338. attēlu, lai noteiktu frekvences vērtības!

- Uztvertā skaņas viļņa frekvence, ja automašīna brauc pretējā virzienā (jāpielieto tuvinājumi, skat C4 jautājuma risinājumu):

$$f^* \approx f_0 \frac{1}{1 - \frac{\mathrm{v}}{c}} \approx f_0 \left(1 + \frac{\mathrm{v}}{c}\right) = f_0 \left(1 + \frac{at}{c}\right) = f_0 + \frac{f_0 a}{c} t = f_0 + kt$$

  - tā kā automašīnas sākuma ātrums ir neievērojams, tad $\mathrm{v} = at$
  - koeficients *k* raksturo kā mainās frekvence laikā

$$k = \frac{f_0 a}{c} = \frac{f^* - f_0}{t} = \frac{|\Delta f|}{|\Delta t|}$$

- Koeficientu k varam noteikt no 338. attēla apskatot robežgadījumus:
  - kad auto uzsāk kustību: t_1 = 0 s un automašīnas sirēnas frekvence $f_1 = f_0 = 800$ Hz
  - kad auto ir paātrinājies un ar sasniegto ātrumu sāk braukt garām detektoram (intensīvais dzeltenais apgabals): t_2 = 14 s un automašīnas sirēnas frekvence $f_2 \approx 905$ Hz.

$$k = tg\alpha = \frac{|f_2 - f_1|}{|t_2 - t_1|} = \frac{|905 - 800|}{|14 - 0|} = 7{,}5$$

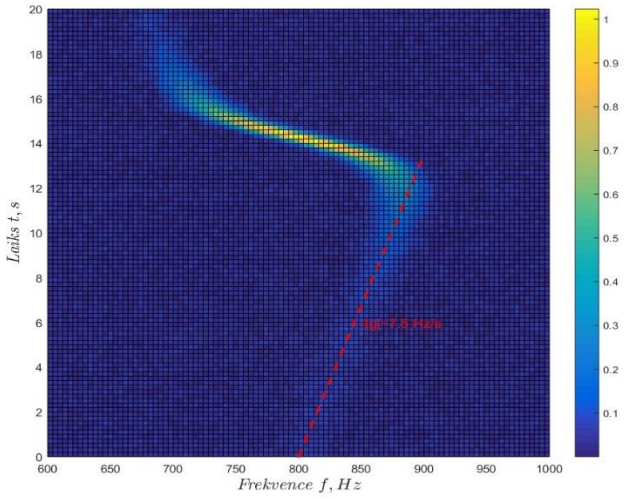
- automašīnas paātrinājums

$$a = \frac{ck}{f_0} = \frac{330 \cdot 7{,}5}{800} \approx \mathbf{3 \pm 0{,}3\ \frac{m}{s^2}}$$

D2 Pārvietojums paātrinātā kustībā bez sākuma ātruma:

$$s = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 14^2 \approx \mathbf{300 \pm 20\ m}$$

kur paātrinājums $a = 3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ (skat. D1 jautājuma risinājumu), laiks, kurā automašīna paātrinājās t = 14 s (nosakām no grafika).



338. att.

E

E1

- Robežgadījumi ir, kad automašīna iebrauc un izbrauc no detektora uztveršanas zonas. Kā noskaidrojām C jautājuma risinājumā, frekvence vislielākā ir, kad automašīna iebrauc detektora uztveršanas zonā (tuvojas detektoram), bet vismazākā – kad automašīna izbrauc no detektora uztveršanas zonas (attālinās no detektora).
- Uztvertā skaņas viļņa frekvence f^*, ja skaņas avots, kustas ar ātrumu v un f_0 – sākotnējā skaņas viļņu frekvence (skat. A4 jautājuma risinājumu).

$$f^* = f_0 \frac{1}{1 \mp \frac{v}{c}}$$

- Ja automašīna brauks pret vēju, tad vējš kavēs skaņas izplatīšanos, ja pa vējam – tad veicinās skaņas izplatīšanos

$$\boldsymbol{f_{pret\ vēju} = f_0 \frac{1}{1 \pm \frac{v}{c - w}}} \qquad \boldsymbol{f_{pa\ vējam} = f_0 \frac{1}{1 \pm \frac{v}{c + w}}}$$

E2 Uzvedinoši jautājumi:

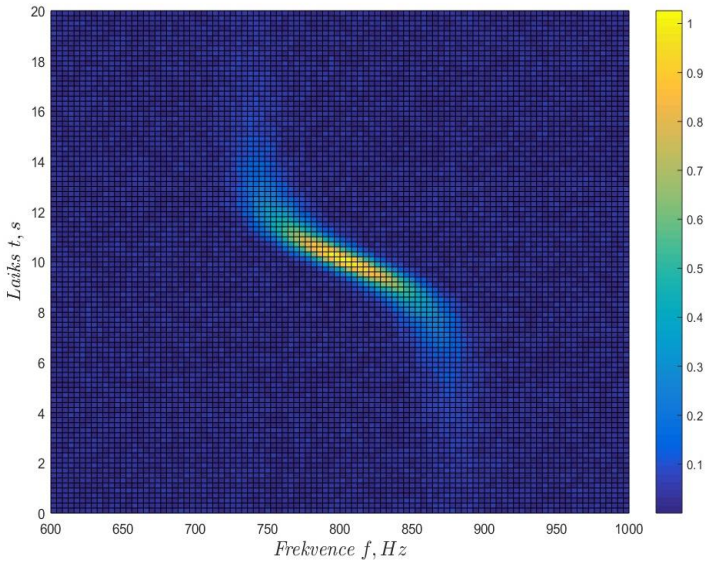
– Cik liela būs minimālā un maksimālā uztvertā automašīnas sirēnas frekvence, automašīnai braucot pret vēju? Lai to varētu novērtēt, pieņem, ka pūš stiprs vējš, piemēram ar ātrumu 70 m/s!

– Cik liela būs minimālā un maksimālā uztvertā automašīnas sirēnas frekvence, automašīnai braucot pa vējam? Lai to varētu novērtēt, pieņem, ka pūš stiprs vējš, piemēram ar ātrumu 70 m/s!

– Salīdzini frekvences minimālās un maksimālās vērtības visos trīs gadījumos – kad automašīna brauc bezvējā, pret vēju un pa vējam!

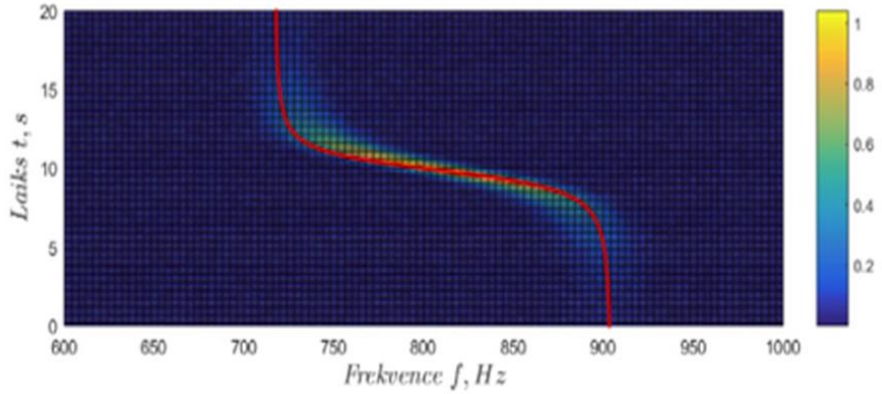
- Lai varētu novērtēt vēja ātruma ietekmi uz automašīnas sirēnas frekvenci, paņemsim pārspīlēti lielu vēja ātrumu w = 70 m/s, tad varam novērtēt frekvences izmaiņas robežgadījumos.
  - bezvējā: $f_{min} = 735 \pm 10$ Hz un $f_{max} = 875 \pm 10\ Hz$ (skat C1 risinājumu)
  - $f_{pret\ vēju\ (max)} = f_0 \frac{1}{1 - \frac{v}{c-w}} = 800 \cdot \frac{1}{1 - \frac{30}{330-70}} \approx 904$ Hz
  - $f_{pret\ vēju\ (min)} = f_0 \frac{1}{1 + \frac{v}{c-w}} = 800 \cdot \frac{1}{1 + \frac{30}{330-70}} \approx 715$ Hz
  - $f_{pa\ vējam\ (max)} = f_0 \frac{1}{1 - \frac{v}{c+w}} = 800 \cdot \frac{1}{1 - \frac{30}{330+70}} \approx 864$ Hz
  - $f_{pa\ vējam\ (min)} = f_0 \frac{1}{1 + \frac{v}{c+w}} = 800 \cdot \frac{1}{1 + \frac{30}{330+70}} \approx 744$ Hz

Bezvējā automašīnas frekvences izmaiņa kustības laikā garām detektoram (339. att.):



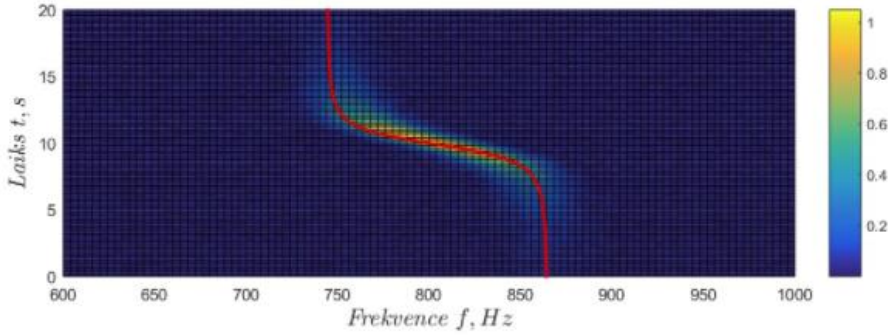
339. att.

Ja automašīna brauc pret vēju (340. att.):



340. att.

Ja automašīna brauc pa vējam (341. att.):



341. att.

Kā jau skaitliskajā novērtējumā redzams, ka frekvenču diapazons, ko uztver detektors braucot pa vējam ir platāks, bet pret vēju – šaurāks.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par Doplera efektu – par skaņas izplatīšanos, ja skaņas avots un/vai uztvērējs kustas viens attiecībā pret otru:

- vienmērīgi paātrinātas kustības raksturlielumi: pārvietojums (A1, A2, A3, B, C4 jautājumi), viļņa garums (A4, B), skaņas viļņu fāzu starpība izplatīšanās procesā (B), frekvence (C1, C2), periods (A1, A2, A4), paātrinājums (D1, D2), pārvietojums paātrinātā kustībā (D2), frekvences maiņa kustīga skaņas avota vai uztvērēja gadījumā (A4, B, C3, C4, D1, E1, E2);
- sakarības taisnleņķa trijstūrī (C).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (A1, A2, A3);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (A4, B, C4, D1, E1);
- veidot fizikālo procesu matemātiskos pierakstus, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (A4, B, C4, D1);
- lietot grafisko informāciju likumsakarību attēlošanai (E2);
- analizēt fizikāla rakstura informāciju tekstā (A4, B, C1, C2, C4, D1);
- nolasīt datus no grafika (C1, C2, D2);
- novērtēt kļūdu (C1, C2);
- izmantot tuvinājumus (C4, D1);
- analizēt procesa grafikus (C4, D1);
- modelēt procesus (E2);
- veikt aprēķinus (C3, C4, D1, D2, E2).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veikt vienkāršu darbību, identificēt – A1, A2, A3 jautājums;
- aprakstīt, veikt darbību pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – C1, C2, C3, D2, E1 jautājums;
- izskaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt, pielietot – A4, E2 jautājums;
- izvērtēt, teoretizēt, vispārināt, radīt, reflektēt – C4, D1 jautājums.

Uzdevumā detalizēti tiek apskatīts Doplera efekts dažādās situācijās – kad skaņas avots kustas attiecībā pret uztvērēju un arī kad kustas gan skaņas avots, gan arī uztvērējs viens attiecībā pret otru. Lai matemātiski aprakstītu notiekošos procesus, ir jāpielieto tuvinājumi, kas ir doti uzdevuma sākumā, kas ir pa spēkam ne katram skolēnam. Vēl viens izaicinājums ir grafiks, kurā ir attēlota frekvences maiņa laikā, kā arī frekvences intensitāte. Šāda veida grafiki nav tipiski skolas fizikas saturā.

V2018-10-D. PRIZMU PELDE

A Uzvedinoši jautājumi:

– Vai prizmas izgatavotas no viena materiāla gabala, vai salīmētas?
– Kas tām ir vidū?
– No kādas formas detaļām gatavotas malas?

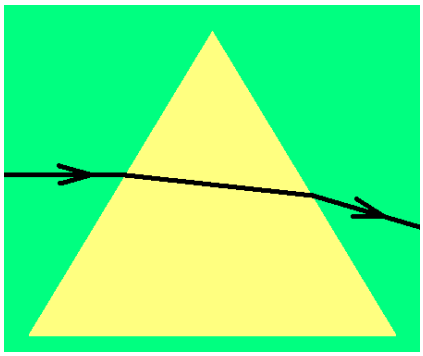
„Parastā" prizma izgatavota **no viena organiskā stikla gabala**, tajā nav nekādu dobumu. Bet „neparastās" prizmas **malas ir salīmētas no organiskā stikla plāksnītēm**, vidū tā ir tukša, tur atrodas tikai gaiss.

Izejot caur „parasto" prizmu, **gaismas stars ir pagriezies** no sākotnējā izplatīšanās virziena **uz leju** (uz prizmas pamatnes pusi). Bet, izejot caur „neparasto" prizmu, **gaismas stars** izrādās **pagriezies uz augšu** (uz prizmas virsotnes pusi).

B Uzvedinoši jautājumi:

– Vai, vērojot prizmu, ir redzams, ka gaismas stars caur to iet ar līkumu, tādā veidā noliecoties?
– Kur ir stara noliekšanās ģeometriskā vieta? Kurā virzienā šajās vietās tas noliecas gan ejot caur "parasto", gan caur "neparasto" prizmu?

Gaismas stara izplatīšanās virziena maiņa notiek uz robežvirsmām starp dažādām vidēm. Vidē ar lielāku laušanas koeficientu stars veido lielāku leņķi ar robežvirsmu (mazāku leņķi ar virsmas normāli), nekā robežvirsmas otrā pusē. Tāpēc pilnajā prizmā ieejot, stars noliecas tuvāk normālei, tātad uz leju. Izejot no prizmas, tas atliecas tālāk no normāles. Bet, tā kā normāle šeit ir otrā pusē staram, tas atkal noliecas uz leju (**342. att.**).



342. att.

C Uzvedinoši ierosinājumi:

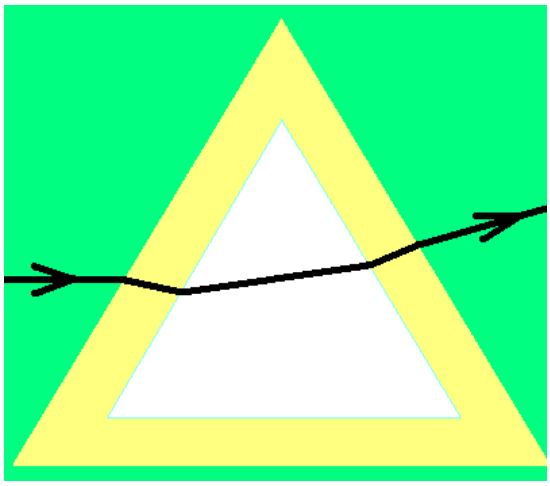
– Salīdziniet materiālus pa pāriem! To var viegli izdarīt, tikai vērojot gaismas staru gaitu ūdenī iegremdētās prizmās.

Pilnā prizma lauž staru uz pamatnes pusi. Tas nozīmē, ka $n_{\text{orgstikla}} > n_{\text{ūdens}}$. Gaisa prizma ūdenī lauž staru uz virsotnes pusi. No tā secinām, ka $n_{\text{ūdens}} > n_{\text{gaisa}}$. Tāpēc varam secināt, ka $\boldsymbol{n_{\text{gaisa}} < n_{\text{ūdens}} < n_{\text{orgstikla}}}$.

D Uzvedinoši ieteikumi un jautājumi:

– Pievērsiet uzmanību detaļām, no kurām sastāv prizmas! Sevišķi to lielajām, pulētajām virsmām!
– Kādus leņķus tās savā starpā veido katrā detaļā?
– Kā gaisma izplatās caur šādām detaļām?
– No kāda materiāla ir izgatavota "neparastā" prizma, ja mēs to vērtējam vispār kā prizmu ūdenī un gaisā?

Atšķiras. „Parastās" prizmas lauzējvirsmas nav paralēlas. Pateicoties tam stars uz tām abām maina izplatīšanās virzienu, pagriežoties uz pamatnes pusi. Bet tukšajai prizmai abos sānos organiskā stikla slānis ir ar paralēlām malām. Ja abpus šādam slānim ir vienāda vide, tas nevar izmainīt gaismas izplatīšanās virzienu, bet tikai nedaudz nobīda staru paralēli pašu sev. Ja tukšā prizma atrastos gaisā, nevis ūdenī, tā **neizmainītu gaismas izplatīšanās virzienu**. Staram krītot un izejot no prizmas paralēli pamatnei, kopumā nenotiktu pat tā nobīde uz augšu vai leju. Tā kā eksperimentā prizmas iekšpusē ir gaiss, bet ārpusē ūdens, tad stara virziens tomēr mainās. Gaisa izveidotajai prizmai lauzējvirsmas, protams, nav paralēlas. Tieši tāpēc ūdenī tā darbojas kā prizma. Organiskais stikls tikai atdala to no apkārtējās vides (ūdens). Tā kā prizmas materiāla (gaisa) laušanas koeficients ir mazāks, nekā ūdenim, tā darbojas ierastajam pretējā virzienā (pagriež staru uz virsotnes pusi, 343. att.).



343. att.

E Uzvedinoši jautājumi un ieteikumi:

– Vai viendabīgā vidē stari maina savu gaitu?

– Pievērsiet uzmanību vietām, kurās stara ceļā vide mainās! Analizējiet katru no tām atsevišķi un tikai pēc tam novērtējiet prizmas darbību kopumā!

Gaismas stara izplatīšanās virziena maiņa notiek uz robežvirsmām starp dažādām vidēm. Vidē ar lielāku laušanas koeficientu stars veido lielāku leņķi ar robežvirsmu (mazāku leņķi ar normāli), nekā robežvirsmas otrā pusē. Abi stari (krītošais un lauztais) atrodas mūsu šķērsgriezuma plaknē. Ieejot no ūdens organiskajā stiklā, stars pieliecas tuvāk normālei (uz leju). Izejot gaisā, tas atliecas no normāles daudz vairāk, nekā iepriekš pieliecās un iet uz augšu. Sastopot otras malas organisko stiklu, kurš ir citā slīpumā, stars stipri pieliecas normālei (augšup). Izejot no organiskā stikla ūdenī, stars nedaudz atliecas no normāles (lejup). Taču tas vēl arvien ir vērsts augšup salīdzinājumā ar horizontāli un sākotnējo stara virzienu (skat. **343. att.**).

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Gaismas izplatīšanās, Gaismas laušana.

Uzdevuma atrisināšanai (izskaidrošanai) skolēnam jāprot:

- novērot, prognozēt, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificē, salīdzina, klasificē – A, C;
- analizē – B;
- prognozē, iztēlojas, izvirza hipotēzes, rada, reflektē – D, E.

V2018-10-E. LIETDERĪBAS KOEFICIENTA NOTEIKŠANA

Darba uzdevumi

1) **Uzvedinoši jautājumi:**

– Vai proti elektrodzinēju "pielikt pie darba"? Piemēram, likt tam pacelt kādu atsvaru.

– Ko tad atliktu izmērīt elektriskajā ķēdē un ko mehānismā, lai varētu aprēķināt lietderības koeficientu?

Izdalītā jauda būs $P = IU$, darbs $A = Pt$. Smaguma pacelšanai izmantotā enerģija $E = mgh$

$$\eta = \frac{E}{A}$$

2) **Uzvedinoši jautājumi:**

– Vai proti izdabūt no ģeneratora elektrisko strāvu? Piemēram, ļaut auklā iekārtam atsvaram to iegriezt, atritinot uz ass uztīto auklas daļu.

– Kādus elektriskus un mehāniskus fizikālus lielumus jāizmēra, lai tiktu pie ģeneratora lietderības koeficienta?

Līdzīgi kā iepriekšējais, bet viss veiktais darbs būs $E = mgh$, bet lietderīgais darbs $A = UIt$

$$\eta = \frac{E}{A} = \frac{mgh}{UIt}$$

3) 4) Motori ir ar plašu lietderības spektru. Ja iegūts rezultāts zem 1, tad ir labi. Nepieciešams analizēt baterijas sprieguma kritumu (šis ir būtiski). Īsai auklai grūti uzņemt precīzu laiku. Ļoti "lēkā" sprieguma/strāvas mērījumi.

5) Noteikts lietderības koeficients, kurš mazāks par 1. Lietderības koeficientam jābūt ļoti mazam, jo reāli netiek ģenerēta stabilizēta līdzstrāva, bet tā tiek mērīta. Noteikti var dot punktus, ja kāds šo faktu piemin.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Fizikāli mērījumi un mērvienības. Eksperimenta plānošana, datu apstrāde un analīze.
- Gravitācija un ķermeņu kustība gravitācijas laukā. Ķermeņa svars. Brīvās krišanas paātrinājums.
- Darbs, jauda, enerģija, lietderības koeficients. Darba un enerģijas cēloņsakarības. Ķermeņa kinētiskā enerģija un ķermeņa potenciālā enerģija. Enerģijas saglabāšanās likums.
- Elektriskās strāvas stiprums, spriegums. Elektriskās strāvas darbs un jauda. Elektroenerģijas patēriņš.

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam jāprot:

- Plānot eksperimentu, eksperimentēt, novērot, mērīt, prognozēt, noteikt lielumus, iegūt datus, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista;
- izvērtē, vispārina, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes.

11. klase

V2018-11-1. KINĒTISKĀS ENERĢIJAS REĢENERĀCIJAS SISTĒMA

A

$$\frac{W}{m} = \frac{IUt}{m} = \frac{1{,}2 \cdot 2000 \cdot 10^{-3} \cdot 3600}{23 \cdot 10^{-3}} = \mathbf{375{,}6\ \frac{kJ}{kg}}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kā aprēķināt kondensatorā uzkrāto elektrisko enerģiju?

– Kā aprēķināt šīs enerģijas daudzumu uz tilpuma vienību?

– Kā no enerģijas uz tilpuma vienību nonākt uz enerģiju uz masas vienību?

Kondensatorā uzkrātā enerģija ir $W = \frac{CU^2}{2}$

Kondensatora kapacitāte ir $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$

Iegūstam enerģiju uz tilpuma vienību, kur tilpums $V = S \cdot d$:

$$\frac{W}{V} = \frac{W}{Sd} = \frac{CU^2}{2Sd} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 SU^2}{2Sd^2} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{200 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot (35 \cdot 10^6)^2}{2} = 1084\ \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3}$$

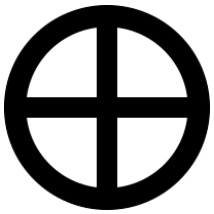
Enerģija uz masas vienību sanāk:

$$\frac{W}{m} = \frac{W}{V} \cdot \frac{V}{m} = \frac{W}{V} \cdot \frac{1}{\rho} = \frac{1084}{920} = \mathbf{1{,}178\ \frac{kJ}{kg}}$$

Piebilde: Kā redzam, tad kondensatorā var uzkrāt ievērojami mazāk enerģijas. Bet kondensatoriem ir cita priekšrocība. Kondensatori spēj ļoti ātri uzlādēties un izlādēties.

C Uzvedinošs jautājums:

– Kurā gadījumā lielāka masa pārvietosies ar vislielāko ātrumu?



344. att.

Atbilde: d) (344. att.)

Kustīga spararata kinētiskā enerģija ir $W = \frac{mv^2}{2}$

Ja spararats rotē ar nemainīgu frekvenci, tad punktu (elementu) ātrums, kas atrodas attālumā R no rotācijas ass, ir $v = \omega R = 2\pi f R$, kur f ir rotācijas frekvence.

Visiem šiem spararatiem kopējā kinētiskā enerģija ir vienāda ar atsevišķo punktu (elementu) enerģiju summu, kur katram atsevišķam elementam enerģija ir $W_i = \frac{mv_i^2}{2} = \frac{m\omega^2 R_i^2}{2}$

Ja kopējā masa un leņķiskais ātrums ir vienādi, tad vislielākā enerģija būs spararatam, kuram visvairāk punktu (elementu) atrodas pēc iespējas tālāk no rotācijas ass (lielāks R), t. i. spararats, kuram proporcionāli ir **visvairāk masas izvietots uz ārējā perimetra**.

D Uzvedinošs jautājums:

– Cik liela būs kinētiskā enerģija, ja visa masa kustēsies ar skaņas ātrumu? Spararatam, kuram ir vienmērīgs masas sadalījums ir divas reizes mazāka kinētiskā enerģija nekā spararatam, kuram visa masa ir uz ārējā perimetra, ja abi spararati griežas ar vienu ātrumu.

Spararata uzkrātā enerģija $W = \frac{I\omega^2}{2}$

kur $I = \frac{1}{2}mR^2$ ir diska inerces moments, *R* – diska rādiuss, ω – diska rotācijas leņķiskais ātrums.

Diska ārējo punktu ātrums $v = \omega R$

Līdz ar to spararatā uzkrātā enerģija ir $W = \frac{1}{2} \cdot \frac{mR^2 \cdot v^2}{2 \cdot R^2} = \frac{mv^2}{4}$

Spararata uzkrātā enerģija uz masas vienību: $\frac{W}{m} = \frac{v^2}{4} = \frac{300^2}{4} = 22500 \ \frac{\text{J}}{\text{kg}} = \mathbf{22{,}5} \ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

E Uzvedinošs jautājums:

– Maksimālā ārējā ķēdē izdalītā jauda ir puse no īsslēgumā izdalītās baterijā. Cik liela jauda izdalās baterijā īsslēguma laikā?

Elektriskā strāva, kas plūst ķēdē gan caur iekšējo, gan caur ārējo pretestību ir $I = \frac{U}{R+r}$, kur *U* = EDS = 240 V. Ārējā ķēdē izdalītā jauda ir $P = I^2R = \frac{U^2R}{(R+r)^2}$

Lai atrastu izdalītās jaudas maksimumu, varam pārveidot sakarību:

$$P = U^2 \frac{R + r - r}{(R + r)^2} = U^2 \left(\frac{1}{R + r} - \frac{r}{(R + r)^2} \right)$$

kas ir kvadrātiska funkcija attiecībā pret argumentu $x = \frac{1}{R+r}$.

Šādai funkcijai $P = U^2(x - rx^2)$ maksimālā P vērtība ir tieši pa vidu starp divām kvadrātvienādojuma saknēm: x = 0 un $x = \frac{1}{r}$ jeb punktā $x = \frac{1}{2r}$. Tātad maksimums ir situācijā, kad *R* = *r*.

$$P_{max} = \frac{U^2 r}{(2r)^2} = \frac{U^2}{4r} = \frac{240^2}{4 \cdot 3} = 4800 \text{ W}$$

Jaudas attiecība pret masu:

$$\frac{P}{m} = \frac{4800}{450} = \mathbf{10{,}67} \ \frac{\text{W}}{\text{kg}}$$

F Uzvedinoši jautājumi:

– Vai uzdevumā dotie 30% ir no kopējās sistēmas enerģijas, vai no automašīnas motora pievadītās enerģijas?

– Kā masas pieaugums, pievienojot KER sistēmu, izmaina pievadāmās enerģijas apjomu, ja beigu ātrums paliek nemainīgs?

Sacīkšu formulas motora pievadītā enerģija automobilim paātrinoties, ja tam ir uzstādīta KER sistēma:

$$W_{ar\ KER} = W - W_{KER},$$

kur *W* – kopējā automobilim pievadītā enerģija, W_{KER} – KER sistēmas pievadītā enerģija.

Pēc uzdevuma nosacījumiem:

$W_{bez\ KER} > W_{ar\ KER}$, kur $W_{bez\ KER}$ – motora pievadītā enerģija, ja automobilim nav uzstādīta KER sistēma.

Iegūstam, ka $W_{bez\ KER} > W - W_{KER}$ jeb $W_{KER} > W - W_{bez\ KER}$

Zināms, ka $W_{KER} = 0{,}3W$ [30% no pievadītās enerģijas varam aizstāt ar KER sistēmas enerģiju, kuru atgūst bremzējot].

Iegūstam, ka $0{,}3W > W - W_{bez\ KER}$ jeb $W_{bez\ KER} > 0{,}7W$ jeb $\frac{W_{bez\ KER}}{W} > 0{,}7$

$W_{bez\ KER}$ ir proporcionāls sacīkšu formulas masai *m*, bet *W* ir proporcionāls sacīkšu formulas un KER sistēmas kopējai masai $m + m_{KER}$.

Tāpēc $\frac{m}{m+m_{KER}} > 0{,}7$ jeb $m > 0{,}7m + 0{,}7m_{KER}$ jeb $m_{KER} < \frac{0{,}3}{0{,}7}m = \mathbf{429\ kg}$

Alternatīvs risinājums:

Sākotnēji mums ir auto ar KER sistēmu. Ja mēs KER sistēmu noņemam, tad mēs zaudējam 30% no pievadītās enerģijas, bet mums ir jāpievada proporcionāli masai mazāk enerģijas. Jeb $\frac{m}{m+m_{KER}} = 0{,}7$, kas dod augstāk minēto rezultātu. Nevienādības zīmi var noteikt apskatot ekstremālo gadījumu, kad masa ir pārlieku liela: tad auto nekur nespēs pakustēties, tāpēc masai jābūt mazākai par aprēķināto.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas tēmā – enerģija un jauda:

- Elektriskā lauka enerģija (jautājumi A, B).
- Elektriskā jauda (jautājums E).
- Kinētiskā enerģija (jautājumi C, D, F).
- Cieta ķermeņa rotācija/inerces moments (jautājums C).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t. sk.

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājums F);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājums F);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (viss uzdevums);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi A, E);
- veic darbības ar daudzkārtņiem un pakāpēm (jautājumi A, B);
- veic aprēķinus (jautājumi A, B, D, E, F).

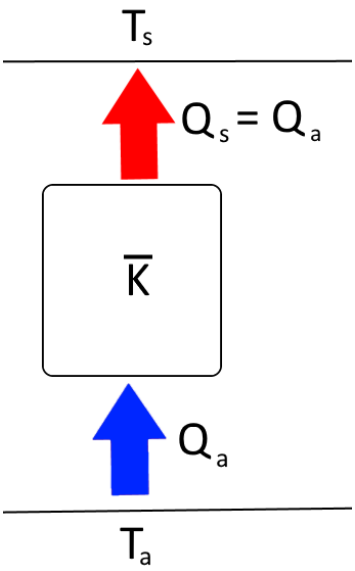
Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veic darbības pēc algoritma, kombinē atsevišķus elementus – jautājumi A, B;
- analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājums C;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – jautājumi D, E, F.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam nepieciešams zināt elektrisko un kinētisko enerģiju, kā arī rotācijas dinamiku (jautājumos C un D). Uzdevums aptver vairākas idejas par to, kā ir iespējams uzkrāt kustības enerģiju, kas atbrīvojas bremzējot. Uzdevuma A un B jautājumi ietver spēlēšanos ar formulām un mērvienību pārveidošanu. Uzdevuma C, D un E punkti ietver dažādas lietas, ko ir vērts zināt. F punkts ir salīdzinošie vienkāršs, bet nepieciešams izprast uzrakstītā teksta būtību

V2018-11-2. OTRAIS TERMODINAMIKAS LIKUMS UN SILTUMDZINĒJI

A Siltumdzinējs ir ciklisks un iekšējā enerģija ir stāvokļa funkcija, tātad tās vērtība cikla sākumā un beigās ir vienāda. No pirmā termodinamikas likuma $\Delta U = Q + W$, tātad kopējā pievadītā siltuma un uz sistēmu pastrādātā darba summa ir 0. Izdevīgā kārtā konvencija, kas izmantota bultiņu virziena noteikšanai diagrammās, jau norāda enerģijas plūsmas virzienu, tātad gluži vienkārši jāpārliecinās, ka visu ienākošo bultiņu summa ir vienāda ar izejošo bultiņu summu: ***Qs = W + Qa***.



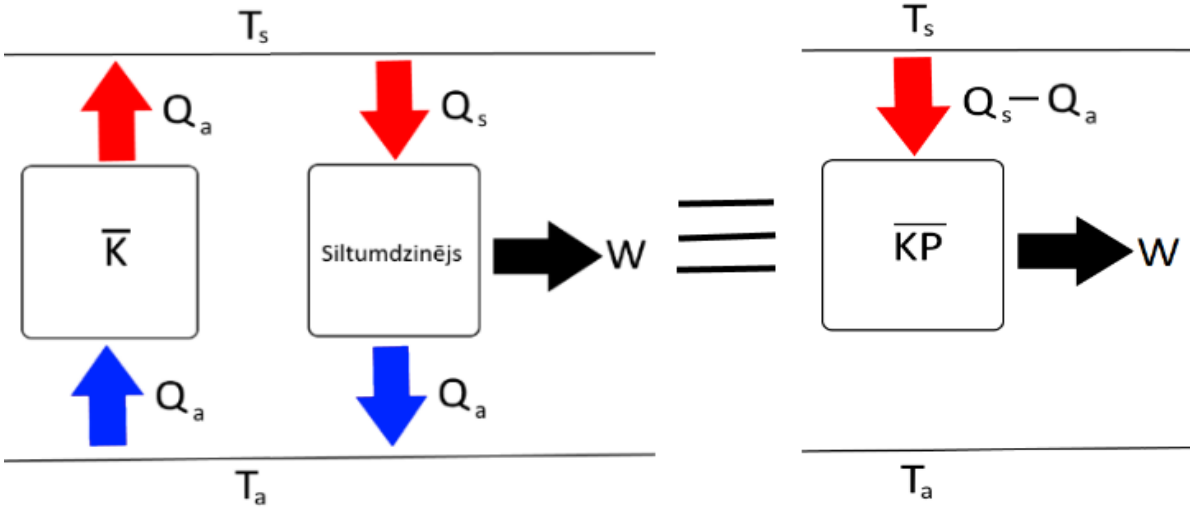
345. att.

B **345. attēlā** ir piedāvāts tāda siltumdzinēja shematisks attēlojums, kurā pārkāpts Klauziusa postulāts – attēlots, ka dzinēja darbības vienīgais rezultāts ir siltuma pārvietošana no auksta rezervuāra uz karstu.

C **Uzvedinošs jautājums:**

– Kāds būs shematiski attēlota dzinēja darbības rezultāts, kur starp abiem rezervuāriem novietots gan parastais dzinējs, gan $\overline{K}$ dzinējs?

Šajā gadījumā varam parādīt (346. att,), ka starp abiem rezervuāriem novietojot gan $\overline{K}$, gan parastu dzinēju, izveidojas $\overline{KP}$. Mēs gluži vienkārši izvēlamies tādu siltumdzinēju, kura siltumatdeve aukstajam rezervuāram ir vienāda ar siltuma daudzumu, ko uzsūc $\overline{K}$.



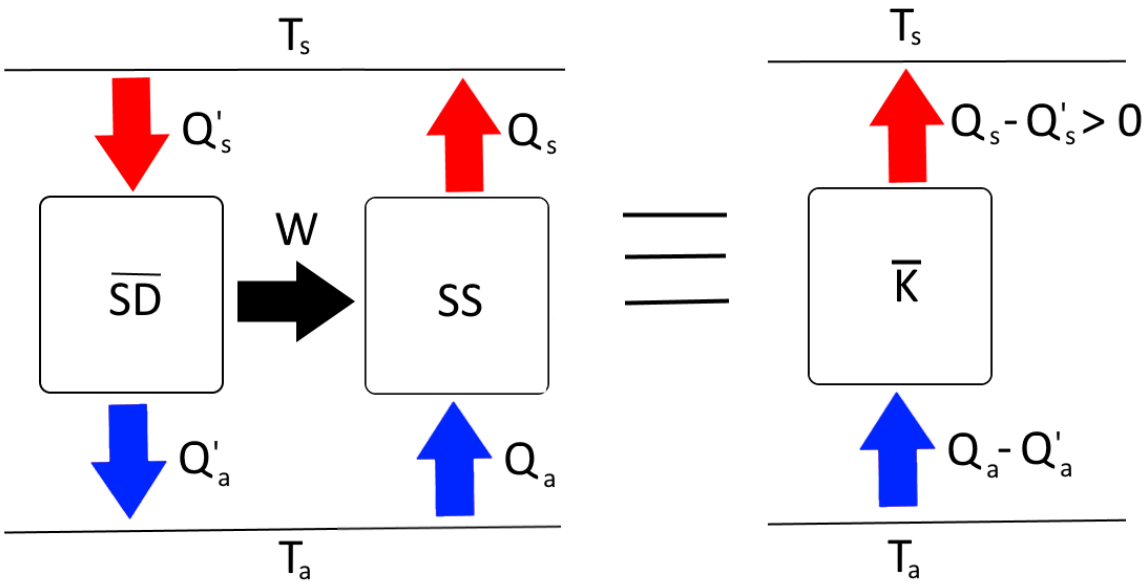
346. att.

D Pieņemsim, ka eksistē dzinējs $\overline{SD}$, kura lietderības koeficients $\eta`$ lielāks nekā η_k. Tam blakus novietosim atgriezenisku dzinēju SS, kas palaists pretējā virzienā (padarīts par siltumsūkni). Lai darbinātu SS, izmantosim $\overline{SD}$ pastrādāto darbu W (skatīt 347. attēlu).

No $\eta` < \eta_k$ un pieņēmuma, ka SS ir atgriezenisks, iespējams secināt, ka $Q_S > Q`_S$ un, pielietojot pirmo termodinamikas likumu, $Q_S - Q`_S = Q_a - Q`_a$.

Tas nozīmē, ka aprakstītā sistēma ir ekvivalenta $\overline{K}$, tātad sākotnējais pieņēmums par $\overline{SD}$ eksistenci ir nepareizs un visu neatgriezenisku dzinēju lietderības koeficienti ir mazāki nekā η_k. Var ievērot to, ka šī

konstrukcija arī liecina, ka pilnīgi visu atgriezenisku dzinēju (neatkarīgi no darba vielas) lietderības koeficientam jābūt η_k.



347. att.

E Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda sakarība pastāv starp dzinēja veikto darbu, lietderības koeficientu un siltuma zudumiem?

– Kā jauda ir saistīta ar darbu un enerģiju?

Izmantosim izteiksmi Karno lietderības koeficientam: $\eta_k = \frac{W}{Q_s} = 1 - \frac{T_a}{T_s}$

Apvienojot ar A jautājuma risinājumā iegūto vienādojumu $Q_s = W + Q_a$, iegūstam

$$(W + Q_a)\eta_k = W$$

Šādai pašai sakarībai jāizpildās arī enerģijas izmaiņām laika vienībā jeb jaudai: $(P + P_Z)\eta_k = P$

Pieņemot, ka pēc ilga laika abu rezervuāru temperatūras stabilizējušās (tātad η_k nemainās laikā), iegūstam

$$\left(P + k(T_s - T_a)\right)\left(1 - \frac{T_a}{T_s}\right) = P$$

To iespējams pārrakstīt kā $k(T_s - T_a)^2 + P(T_s - T_a) - T_s P = 0$ un šī vienādojuma atrisinājumus iespējams iegūt no kvadrātvienādojuma formulas kā

$$T_a = T_s + \frac{P - \sqrt{P^2 - 4PT_s k}}{2k} = 4{,}6\ ℃$$

Otra sakne tiek ignorēta, jo $T_s > T_a$ vienmēr.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Siltums un darbs – pirmais termodinamikas likums (jautājumi A, E); siltumdzinēju jauda (jautājums E).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi A, D, E);

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi B, C, D);
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības (jautājums E);
- skaidro procesus, lietojot fizikālos modeļus/modelē fizikālos procesus (jautājumi A, B, C);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (formulas, shēmas, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi A, B, C);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājumi A, D, E).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – A jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, klasificē, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas, pielieto, formulē jautājumus – B, C, E jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē – D jautājums.

Šī uzdevuma risināšanai jāzina pirmais termodinamikas likums un jāizprot atbilstoši daži fizikas jēdzieni (siltuma daudzums, darbs, jauda) un to savstarpēja sakarība, pārējā atrisināšanai nepieciešamā informācija ir sniegta pašu jautājumu formulējumos un attēlos, skolēniem jāspēj izmantot to, veidojot fizikāli un matemātiski pamatotus spriedumus. Jāprot izmantot, pārveidot un kombinēt gan sakarības starp fizikāliem lielumiem, gan piedāvātās shēmas.

V2018-11-3. SAVIENOJUMI JEB PEROVSKITU INTERFEISI

A Uzvedinošs skaidrojums:

Lai atbildētu uz jautājumu, ir jāzina Gausa teorēma un jāsaprot virsmas lādiņa blīvuma jēdziens. Ja elektriskais lādiņš q ir vienmērīgi izvietots uz plaknes, tad virsmas laukuma elementa S lādiņš $q = \sigma S$, kur σ – virsmas laukuma vienības lādiņš jeb virsmas lādiņa blīvums.

Gausa teorēma: lādiņa q elektriskā lauka intensitātes plūsma caur slēgtu virsmu, kas aptver lādiņu, nav atkarīga no virsmas formas un ir proporcionāla virsmas ietvertajam kopējam lādiņam: $ES = \frac{q}{\varepsilon_0}$.

Uzlādētas bezgalīgas plaknes elektriskā lauka intensitāte nav atkarīga no attāluma līdz plaknei, tā proporcionāla virsmas lādiņa blīvumam.

Elektriskā lauka intensitāte $LaAlO_3$ kārtiņā: $E_{LAO} = \frac{E_0}{\varepsilon_{LAO}}$

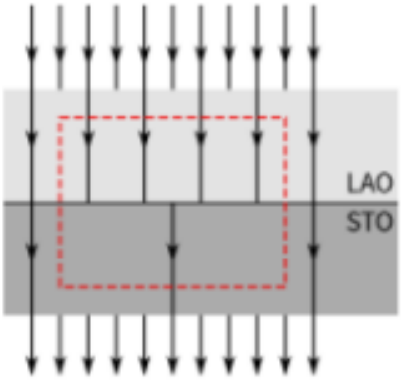
Elektriskā lauka intensitāte $SrTiO_3$ pamatnē: $E_{STO} = \frac{E_0}{\varepsilon_{STO}}$

Izvēloties slēgtu virsmu tā, kā ir parādīts 348. attēlā, pēc Gausa likuma iegūst, ka:

$$\frac{E_0 S}{\varepsilon_{STO}} - \frac{E_0 S}{\varepsilon_{LAO}} = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma S}{\varepsilon_0}$$

no kurienes

$$\sigma = \left(\frac{1}{\varepsilon_{STO}} - \frac{1}{\varepsilon_{LAO}}\right)\varepsilon_0 E_0 = \mathbf{-1{,}74 \cdot 10^{-12}\ \frac{C}{m^2}}$$

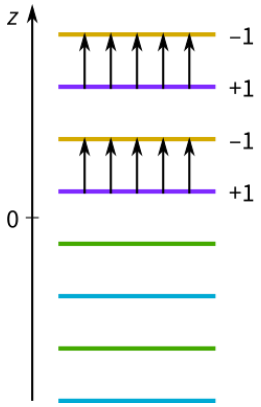


348. att.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kā ir izvietotas elektriskā lauka intensitātes līnijas ap pozitīvi lādēto plāksni? Un ap negatīvi lādēto plāksni?

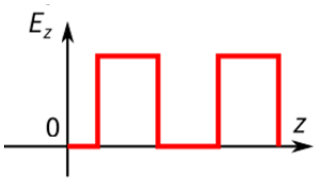
– Ko var pateikt par elektriskā lauka intensitāti starp divām mazā attālumā paralēli novietotām ar dažādām zīmēm uzlādētām plāksnēm? Un par intensitāti ārpus divām mazā attālumā paralēli novietotām ar dažādām zīmēm uzlādētām plāksnēm?



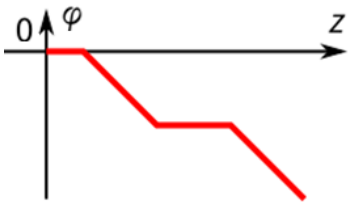
349. att.

Lauku veido lādētās plaknes, turklāt plakņu lādiņi pēc absolūtās vērtības ir vienādi, bet pēc zīmes mijas. Tātad lauks pastāv tikai starp 1. un 2., 3. un 4. utt. slāņiem, turklāt tas ir vērsts visu laiku uz vienu pusi (sk. 349., **350. att.**).

Lauks starp plaknēm (kur tas pastāv) ir homogēns, tātad $\varphi = -E_z z$, bet tur, kur elektriskā lauka intensitāte ir nulle, φ = const. Potenciāls ir monotoni pēc absolūtās vērtības nedilstoša funkcija (sk. **351. att.**). Ir skaidrs, ka kārtiņas biezumam tiecoties uz bezgalību, potenciālam būtu arī bezgalīgi jāpieaug, tādēļ šāds modelis ar vienādi lādētām plaknēm noved uz t.s. polarizācijas katastrofu.



350. att. Elektriskā lauka intensitātes vertikālās komponentes Ez atkarība no attāluma līdz interfeisam z



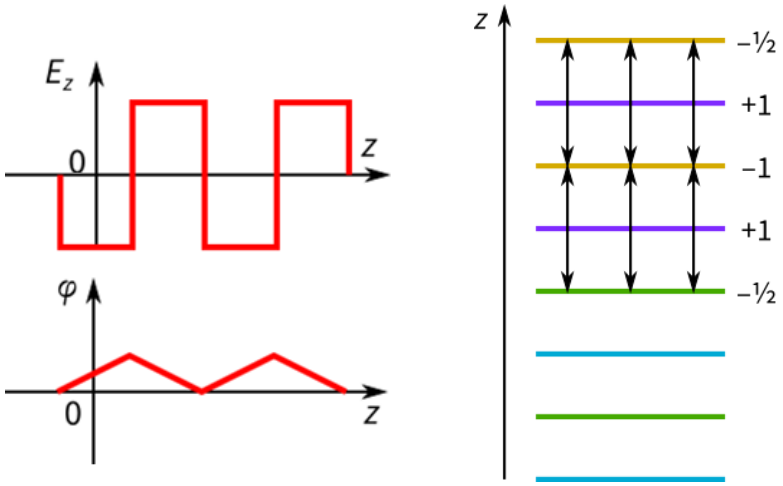
351. att. Elektriskā lauka potenciāla φ atkarība no attāluma līdz interfeisam z

C Uzvedinošais skaidrojums:

Par spriegumu starp diviem lauka punktiem sauc elektriskā lauka potenciālu starpību. Elektriskā lauka darbs, pārvietojot lādiņu q_0 starp divām paralēlām ar pretējo zīmju, bet vienādi pēc absolūtās vērtības vienmērīgi uzlādētām plaknēm, kuras atrodas attālumā *d*, ir $A = q_0 E d = \frac{q_0 \sigma d}{\varepsilon_0}$. Tātad spriegums starp plaknēm $U = \frac{\sigma d}{\varepsilon_0}$.

Spriežot analogi kā iepriekšējā punktā, nonāk pie sekojošiem grafikiem (sk. 352. att.). Var redzēt, ka „puselektrona" pārlēkšana uz pamatni palīdz novērst polarizācijas katastrofu: potenciāls visu laiku paliek ierobežots, un tā maksimālā vērtība ir

$$\varphi_{max} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} a = \frac{e}{2\varepsilon_0 a^2} a = \frac{e}{2\varepsilon_0 a} = \mathbf{24\ V}$$



352. att.

D Lauka intensitāte starp visām plaknēm ir vienādi liela, bet virziens mijas, tātad vidējā intensitātes vērtība ir **nulle**.

E Lādiņš $q = \sigma S = \sigma a^2 = \mathbf{0,25}\boldsymbol{e}$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Elektriskie lādiņi un elektriskais lauks – lādiņu virsmas blīvums, relatīvā dielektriskā caurlaidība, Gausa likums, elektriskā lauka intensitāte, elektriskā lauka potenciāls.

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi A, C, E);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi A, B, C, D);
- interpretē informāciju no attēliem (jautājumi A, B, C, D);
- skaidro procesus, lietojot fizikālos modeļus/modelē fizikālos procesus (jautājumi B, C);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (grafiki, formulas, shēmas, attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi A, B, C).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – E jautājums;
- salīdzina, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – A, C, D jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, rada, iztēlojas, reflektē – B jautājums.

Risinot uzdevumu, jādemonstrē izpratne par elektriskā lauka raksturlielumiem un to savstarpējo saistību. Jāsaprot, kā dielektriķis ietekmē elektriskā lauka intensitāti. Jāprot analizēt informāciju pēc attēliem, spriest par elektriskā lauka intensitāti un tās maiņu, konstruēt lielumu savstarpējās atkarības grafikus. Pie jautājumiem, atbilde uz kuriem prasa zināšanas, kas pārsniedz vidusskolas pamatkursa saturu, ir piedāvāti uzvedinošie skaidrojumi.

V2018-11-D. CAURĀ RIPA

A Uzvedinoši ieteikumi:

Šeit atliek tikai klausīties, atcerēties mūzikas nodarbībās apgūto un izprast sakarības starp mūzikas un fizikas terminiem.

Ja šļūtenes galu ar gaisa strūklu virza no ripas centra uz malu un atpakaļ, **dzirdama** kādas **diatoniskās toņkārtas gamma** (viena no tādām iegūstama, spēlējot gammu uz klavieru baltajiem taustiņiem turp un atpakaļ). Kad demonstrētājs izlases kārtībā dažādos attālumos no ripas centra pūta gaisu pret ripu, bija dzirdamas latviešu tautasdziesmas „Aijā žūžū, lāča bērni" un „Pūt, vējiņi".

B Uzvedinoši jautājumi:

– Ko Zemes atmosfēras konkrētajā vietiņā varētu mainīt caurumu un šķēršļu periodiska nomaiņa gaisa strūklas ceļā? Kas šīm izmaiņām ir kopīgs un kas atšķirīgs abās ripas pusēs? Vai tas izplatās arī apkārtējā telpā?

– No kā ir atkarīgs skaņas virstoņu sastāvs? Vai šāds skaņas veidošanas paņēmiens atgādina mūzikas sintezatoru, vai ērģeles?

Ripa darbojas kā skaņas sintezators, nepastarpināti veidojot periodiskas gaisa spiediena izmaiņas, kas izplatās gaisā kā skaņas viļņi. Šīs izmaiņas ir pretējas vienā un otrā ripas pusē. Diska pusē, pret kuru virzām gaisa strūklu, spiediens ir lielāks tajos brīžos, kad pretī šļūtenes galam neatrodas caurums. Bet pretējā diska pusē tas ir lielāks tad, kad pretī šļūtenes galam caurums atrodas. Tieši **caurumu atrašanās biežums pretī šļūtenes galam** arī **nosaka** veidojamās **skaņas frekvenci**. Savukārt caurumu un atstarpju starp tiem garumu attiecība veido skaņas virstoņu (harmoniku) sastāvu jeb Furjē spektru. Tas atkarīgs arī no procesa gaitas un straujuma, kurā izveidojas, pastiprinās un atkal samazinās gaisa plūsma caur atveri diskā.

Tas ir pilnīgi analoģiski skaņas veidošanai slavenajā Mūga (Moog) elektroniskajā skaņas sintezatorā. Tikai šeit tas realizējas pneimatiski. Tāpēc arī mēs saucam šo ripu par skaņas sintezatoru, nevis par ripas ērģelēm.

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds fizikāls lielums var raksturot cauruma nomaiņas biežumu pret šķērsli gaisa strūklas ceļā? Kā to sauc mūzikā?

Ar šādu instrumentu iegūstamās augstākās **skaņas augstumu** (frekvenci) **nosaka caurumu skaits uz garākās riņķa līnijas un elektrodzinēja maksimālais griešanās ātrums**. Lielāko **skaļumu nosaka caurumu un šļūtenes gala diametrs**. Protams, tas atkarīgs arī no cilvēka „pūstspējas"

D

D1 Uzvedinošs jautājums:

– Vai cilvēks spēj kustināt roku ar sev labi dzirdamas skaņas frekvenci?

Caurumi ripā jāizvieto uz koncentriskām riņķa līnijām ar centru uz rotācijas ass, **lai būtu iespējams nepārvietojot šļūtenes galu pūst gaisu uz „nebeidzamu" caurumu virkni un radīt vajadzīgo skaņu**. Ripa griežas pārāk ātri, lai muzikants varētu paspēt izsekot citam caurumu novietojumam.

D2 Uzvedinošs jautājums:

– Vai neperiodiskas gaisa spiediena svārstības, kurās katrs svārstību periods ir atšķirīgs, cilvēks uztver kā toni ar noteiktu augstumu vai kā troksni?

Katras riņķa līnijas ietvaros attālumi starp caurumiem jāveido vienādi, lai skaņas vilnī visi svārstību periodi būtu vienādi. Tikai tad **veidojas muzikāls tonis ar noteiktu augstumu** (frekvenci). **Ja attālumi ir dažādi, rodas skaņa** ar plašu frekvenču spektru, kurai augstuma jēdziens nepastāv (nav nosakāma svārstību pamatfrekvence). Mūzikā **to sauc par troksni**. Taču citā riņķa līnijā var būt citādi savstarpēji vienādi attālumi starp caurumu centriem, jo svarīgi ir uz katras no riņķa līnijām izvietot vajadzīgo caurumu skaitu, nevis ievērot vienādus attālumus visā ripā.

D3 Uzvedinoši jautājumi:

– Vai jebkuru frekvenču skaņu komplekts veido labskanīgu toņkārtu, kurā iespējams radīt muzikālus skaņdarbus? Kādām šādā komplektā vajadzētu būt skaņu frekvencēm?

Dažādu riņķa līniju caurumu skaita attiecībām jābūt precīzi aprēķinātām saskaņā ar konstruktora ieceri. **Labskanīgus (konsonējošus) muzikālos intervālus veido skaņas, kuru pamattoņu frekvenču attiecības veido pietiekami mazus veselus skaitļus.** Tādus skaņu komplektus, kuros var sameklēt pēc iespējas vairāk konsonanšu, mēs saucam par labskanīgām toņkārtām. Tajās var veidot cilvēkiem tīkamus skaņdarbus. Ripas gadījumā Baha matemātiskās mūzikas biedrības veidotās vienmērīgi neprecīzās toņkārtas nav lietojamas. Ja caurumu skaitus uz riņķa līnijām un šo skaitu attiecības ņemsim uz labu laimi, lietojamas toņkārtas iegūšana būs ļoti mazvarbūtīga.

D4 Uzvedinoši jautājumi:

– Vai cilvēks ar savu elpu var nodrošināt pietiekamu gaisa plūsmas ātrumu ļoti resnā caurulē?

– Vai iespējams ilgstoši elpot caur ļoti tievu caurulīti? Kāda skaņa dzirdama, ja to tomēr cenšas darīt?

Caurumu un šļūtenes gala diametrs jāizvēlas atbilstoši muzikanta fiziskajām iespējām. **Diametrus palielināt ir jēga tikai tiktāl, kamēr tie nepārsniedz muzikanta plaušu tilpuma dotās iespējas.** Ja nepietiks gaisa, lai bez pārtraukumiem nospēlētu muzikālu frāzi, instruments būs nelietojams. Pārāk mazi diametri savukārt rada stipru šņācošu pieskaņu. Tie prasa arī lielu piepūli pietiekama skaļuma sasniegšanai, spēlmanim trūkst skābekļa, viņš ātri nogurst. **Šļūteni** tāpēc **labāk ņemt resnāku un tikai pie gala sašaurināt**.

D5 Uzvedinoši jautājumi:

– Kādas iespējas dod griešanās ātruma regulēšana?

– Ko tā dara ar katru no instrumentā iegūstamajiem toņiem?

– Kāpēc spēlēšanas laikā šo ātrumu nedrīkst mainīt kā pagadās?

– Ko dotu iespēja to ātri un precīzi nomainīt uz kādu citu noteiktu ātrumu?

Vēlamas ir ripas griešanās ātruma regulēšanas iespējas plašās robežās. Tas dod iespēju ieregulēt instrumentu spēlēšanai jebkurā dotā (saurbtā) veida toņkārtā, arī tādā, kas neiekļaujas šobrīd birokrātiski pieņemtajā toņkārtu komplektā. **Bez regulēšanas iespējām instruments būs lietojams tikai vienā un tai paralēlajā toņkārtā**. Taču **lietošanas laikā šo ātrumu jāspēj saglabāt nemainīgu**, lai varētu pareizi nospēlēt vienā toņkārtā iekļaujošos skaņdarbu vai tā fragmentu. Pretējā gadījumā notiks tas, ko mūzikā sauc par detonēšanu (toņu frekvenču bezmērķīgu novirzīšanos no vajadzīgajām vērtībām).

D6 Uzvedinoši jautājumi:

– Vai gaisa spiediena izmaiņas abās ripas pusēs ir vienādās vai pretējās fāzēs?

– Kas notiek, ja šādas izmaiņas saskaita?

– Kā ripas lielums ietekmē to saskaitīšanos vai nesaskaitīšanos atkarībā no skaņas frekvences, ņemot vērā skaņas izplatīšanās ātrumu?

Ja plānots radīt arī zemas skaņas, ripu jātaisa pietiekami lielu. Tad **ripa**, neskatoties uz caurumiem, **vismaz daļēji** tomēr **kalpos par akustisko ekrānu**. Ja ripa būs pārāk maza (rādiuss nepārsniegs zemākās skaņas viļņa garuma ceturtdaļu), radīsies akustiskais īsslēgums (šīs skaņas izstarošana būs ārkārtīgi neefektīva destruktīvas interferences dēļ).

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Ķermeņa kustība pa riņķa līniju: lineārais ātrums, leņķiskais ātrums.
- Absolūti cieta ķermeņa rotācija ap asi: apriņķošanas periods.
- Svārstību kustības frekvences noteikšana atkarībā no svārstību skaita.
- Skaņas izplatīšanās ātrums.
- Mehāniskās svārstības un viļņi, svārstību periods un frekvence. Svārstību izplatīšanās vidē: garenviļņi. Mehānisko viļņu interference un difrakcija. Harmonisku svārstību saskaitīšana.

Uzdevuma atrisināšanai (izskaidrošanai) skolēnam jāprot:

- novērot, prognozēt, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificē, iztēlojas – A;
- izskaidro cēloņus, izvirza hipotēzes, rada, reflektē (paplašināta abstrakcija) – B, C;
- izvērtē, prognozē, iztēlojas – D1, D2, D3, D4, D5, D6.

V2018-11-E. SILTUMA VADĪŠANAS KOEFICIENTA NOTEIKŠANA

1) Polistirols ir viena pusplakne, bet koka klucītis otra. Jālieto termopāris kā strāvas avots un izslēdzot strāvu jānolasa mērījums.

2) Eksistē vairākas iespējas, vienkāršākā ir izteikt vienu no λ vienādojumā (1), ja e vietā ievieto vienādojumu (2). Otra iespēja ir tāda, ka tiek pielietots pieņēmums par ideālo izolatoru un tad viens no e atkrīt. Der arī izvedums, kur konstantes tiek paliktas zem viena burta un paliek zīmīgie λ, T un t.

3) Ir nomērīta jauda (spriegums un/vai strāva un/vai pretestība – 2 no šiem)
Ir nomērīts sildelementa laukums
Ir nomērīts laiks

4) Vienādojumā (1) var neņemt vērā e_1 vai e_2. Grafiki var būt kā $\Delta T = f\left(\sqrt{t}\right)$ vai $\Delta T^2 = f(t)$.

5) Novelk taisni apgabalā, kurā ir lineāra sakarība. Ja novilkta taisne, kura ņem vērā visus punktus, tad tā ir niecīga neprecizitāte un visticamāk ņems nost punktus nākamajā uzdevumā. Rezultātam jābūt robežās no 0,05 – 0,4. Sanāk 0,19 [W/(m*K)].

6)

- 3D efekti.
- Galīgie sildītāja izmēri – visvairāk ietekmē mērījuma sākumā.
- Ir precīzi nomērīta jauda – atņemts termopāra vada gabals, kurš nedod jaudu kontaktam starp divām plaknēm.
- Sasilstot var mainīties pretestība un tādēļ arī izdalītā jauda. Ja šajā punktā ir 3 no 4, tad var dot arī piešķirt maksimālos punktus, jo pretestības izmaiņas ir niecīgas un var nebūt detektējamas.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Fizikāli mērījumi un mērvienības. Eksperimenta plānošana, datu apstrāde un analīze.
- Elektriskais spriegums. Elektriskās strāvas stiprums. Elektroenerģijas avota elektrodzinējspēks un iekšējā pretestība. Oma likums ķēdes posmam un noslēgtai ķēdei. Elektriskās strāvas darbs un jauda.
- Temperatūra. Absolūtā temperatūra.

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam jāprot:

- Plānot eksperimentu, eksperimentēt, novērot, mērīt, prognozēt, noteikt lielumus, iegūt datus, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- salīdzina, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, pielieto;
- izvērtē, prognozē, rada.

12. klase

V2018-12-1. ELEKTRONSTARU LAMPA

A Elektriskais lauks veic darbu, paātrinot elektronus (piešķirot tiem kinētisko enerģiju). Pielīdzināsim elektriskā lauka potenciālo enerģiju un elektrona kinētisko enerģiju:

$$eU_0 = \frac{m_0 \mathrm{v}_0^2}{2}$$

no kurienes

$$U_0 = \frac{m_0 \mathrm{v}_0^2}{2e} = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot (5 \cdot 10^7)^2}{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} = 7109 \text{ V} = \mathbf{7{,}11\ kV}$$

B

B1

$$\frac{mg}{Ee} = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 9{,}81}{200 \cdot 10^{3} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} = \mathbf{2{,}8 \cdot 10^{-16}}$$

Var redzēt, ka smaguma spēks, kas darbojas uz elektronu ārējā elektriskajā laukā, ir niecīgs salīdzinoši ar Kulona spēku.

B2 Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki un kādā virzienā darbojas uz elektronu, kamēr tas lido starp platēm?

– Kurš no šiem spēkiem jāņem vērā, rēķinot elektrona paātrinājumu?

Kustība horizontālā virzienā ir vienmērīga (šajā virzienā uz elektronu nedarbojas neviens spēks), savukārt vertikālā virzienā – vienmērīgi paātrināta elektriskā lauka iedarbībā.

$$a_y = \frac{eE}{m} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^{5}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}} = 3{,}52 \cdot 10^{16}\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$t_1 = \frac{L}{\text{v}_0} = \frac{0{,}02}{5 \cdot 10^{7}} = 0{,}4 \cdot 10^{-9}\ \text{s} = 0{,}40\ \text{ns}$$

$$\text{v}_\text{y} = a_y \cdot t_1 = \frac{eEL}{m\text{v}_0} = 3{,}52 \cdot 10^{16} \cdot 0{,}4 \cdot 10^{-9} = \mathbf{1{,}41 \cdot 10^{7}\ \frac{m}{s}}$$

B3 Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda ir elektrona kustība vertikālā un horizontālā virzienos, tam kustoties starp novirzes platēm?

– Kāda ir elektrona kustība vertikālā un horizontālā virzienos pēc elektrona izlidošanās cauri platēm?

Elektronam kustoties starp novirzes platēm

$$\Delta y_1 = \frac{a_y t_1^2}{2} = \frac{eEL^2}{m\text{v}_0^2} = \frac{3{,}52 \cdot 10^{16} \cdot (0{,}40 \cdot 10^{-9})^2}{2} = 2{,}8\ \text{mm}$$

Ārpus novirzes platēm kustība gan horizontālā, gan vertikālā virzienā ir vienmērīga.

$$t_2 = \frac{D}{\text{v}_0} = \frac{0{,}3}{5 \cdot 10^{7}} = 6{,}0\ \cdot 10^{-9}\ \text{s} = 6{,}0\ \text{ns}$$

$$\Delta y_2 = \text{v}_\text{y} t_2 = \frac{eELD}{m\text{v}_0^2} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 200 \cdot 10^{3} \cdot 0{,}02 \cdot 0{,}3}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot (5 \cdot 10^{7})^2} = 84{,}4\ \text{mm}$$

$$y = \Delta y_1 + \Delta y_2 = \frac{eEL}{m\text{v}_0^2}\left(\frac{L}{2} + D\right) = 2{,}8 + 84{,}4 = \mathbf{87{,}2\ mm}$$

B4 Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda ir elektrona kustība horizontālā virzienā gan starp novirzes platēm, gan ārpus tām?

– No kā ir atkarīgs elektrona kustības laiks?

– Vai to ietekmē kustības ātruma vertikālā komponente?

Ekrānam jābūt plakanam. Horizontālā virzienā (no kreisās uz labo pusi 132., 133. attēlā) uz elektronu nedarbojas nekādi spēki, kustības horizontālā un vertikālā virzienos ir neatkarīgas. Laiks, kādā elektrons izlido cauri novirzes platēm, ir atkarīgs tikai no tā sākotnējā ātruma v_0. To pašu var teikt par kustību no novirzes platēm līdz ekrānam. Tādējādi, kopējais laiks ir atkarīgs tikai no v_0 un horizontālā attāluma. t = const tad un tikai tad, ja ekrāns ir **plakans**.

C Uzvedinoši jautājumi:

– Pēc kādas sakarības var noteikt koordināti punktam ekrānā, kurā trāpīs elektrons? Vai šī sakarība atšķiras vertikālajam un horizontālajam virzieniem?

– Kāda ir sakarība starp elektriskā lauka spriegumu un intensitāti?

Risinot B3 punktu, ieguvām sakarību

$$y = \frac{eEL}{mv_0^2}\left(\frac{L}{2} + D_y\right)$$

Zinot, ka $E_y = \frac{U_y}{d}$ un $eU_0 = \frac{m_0 v_0^2}{2}$, iegūstam, ka

$$y = \frac{U_y}{U_0}\frac{L}{2d}\left(\frac{L}{2} + D_y\right) \qquad (1.)$$

Tātad y ir tieši proporcionāls U_y, turklāt proporcionalitātes koeficients (taisnes slīpums)

$$k_y = \frac{1}{U_0}\frac{L}{2d}\left(\frac{L}{2} + D_y\right)$$

Analoģiska sakarība ir spēkā arī novirzei x virzienā

$$k_x = \frac{1}{U_0}\frac{L}{2d}\left(\frac{L}{2} + D_x\right)$$

Abu lielumu starpība

$$k_y - k_x = \frac{1}{U_0}\frac{L}{2d}(D_y - D_x), \text{ no kurienes izsaka } \left(D_y - D_x\right) = U_0(k_y - k_x)\frac{2d}{L}$$

No grafika nolasa: $k_y = \frac{36\text{ mm}}{1{,}5\text{ kV}}$ un $k_x = \frac{28\text{ mm}}{1{,}5\text{ kV}}$

$$D_y - D_x = 9\text{ kV} \cdot \frac{36\text{ mm} - 28\text{ mm}}{1{,}5\text{ kV}} \cdot \frac{2 \cdot 6\text{ mm}}{20\text{ mm}} = \mathbf{28{,}8\text{ mm}}$$

Piezīme: var spriest arī savādāk, izteiksmē (1.) y un U_y vietā ievietojot jebkura 135. att. grafika atbilstošās līknes punkta koordinātes un līdzīgi rīkojoties ar x un U_x.

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kā iet magnētiskā lauka līnijas spolē?

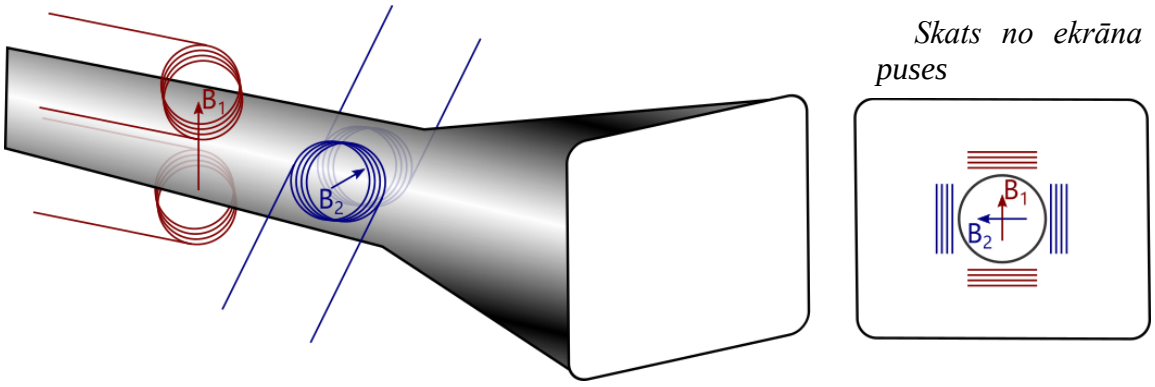
– Ko var pateikt par elektrona kustības ātruma, magnētiskā lauka indukcijas un Lorenca spēka virzieniem?

– Kā ir jābūt novietotai spolei, lai tās radītais magnētiskais lauks novirzītu elektronus?

– Vai pietiek ar vienu spoli elektronu novirzīšanai katrā virzienā?

Nepieciešami divi elektromagnētu pāri, kas rada savstarpēji perpendikulārus magnētiskos laukus, skat. 353. attēlu (elektronu stara virziens ir perpendikulārs magnētiskajam laukam). Uz elektroniem

darbojas Lorenca spēks, kas izmaina to kustības virzienu, t. i., novirza elektronu staru. Mainot strāvas stiprumu un virzienu elektromagnētos, iespējams kontrolēt elektronu stara novirzi.



353. att.

E Uzvedinošs jautājums:

– Kāda ir sakarība starp elektrona miera masu, relatīvistisko masu un elektrona kustības ātrumu?

Masas atkarību no ātruma apraksta sakarība

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Ar v_1 apzīmēsim elektrona ātrumu, neņemot vērā relatīvistiskos efektus, bet ar v_2 – ņemot tos vērā. Ir spēkā sekojošas sakarības:

$$eU_0 = \frac{m_0 v_1^2}{2},\ eU_0 = \frac{\gamma m_0 v_2^2}{2},\ \text{kur}\ \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Pielīdzinot vienādojumu kreisās puses, iegūstam

$$v_1^2 = \gamma v_2^2$$

Savukārt, atbilstoši uzdevuma nosacījumiem, $v_1 = 1{,}05 v_2$, tāpēc $\gamma = 1{,}05^2 = 1{,}1025$

Izsakām $v_2 = c\sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}} = 1{,}26 \cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ un $U_0 = \frac{\gamma m_0 v_2^2}{2e} = \frac{1{,}1025 \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot (1{,}26 \cdot 10^8)^2}{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} =$ **50 kV**

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Elektriskie lādiņi un elektriskais lauks – elektriskā lauka darbs (jautājumi A, C), Kulona spēks (jautājums B1), elektriskā lauka intensitāte un spriegums (jautājums C).
- Enerģija un impulss – kinētiskā enerģija (jautājumi A, C).
- Mijiedarbība un spēks – smaguma spēks (jautājums B1), kopspēks un paātrinājums (jautājumi B2, B3, B4, C).
- Ķermeņu kustība – vienmērīga un vienmērīgi paātrināta kustība (jautājumi B2, B3, B4, C).
- Elektromagnētisms – lādētu daļiņu kustība magnētiskajā laukā, solenoīda magnētiskais lauks (jautājums D).
- Pasaules uzbūve – relatīvistiskā masa, tās atkarība no ātruma (jautājums E).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājums B1);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi A, B1, B2, B3, C, E);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājumi B2, B3, B4, C, D);
- apraksta kustību, izmantojot kustības raksturlielumus (jautājumi B2, B3, B4, C);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi B4, D);
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības (jautājums E);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (formulas, shēmas, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi B1, C);
- nolasa datus no grafika (jautājums C);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājums A).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veic darbību pēc algoritma, kombinē – A, B1 jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, klasificē, analizē, sasaista, pielieto – B2, B3, C, D, E jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – B4 jautājums.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jāanalizē spēki, kas darbojas uz lādētu daļiņu elektriskajā laukā, jānovērtē to darbība. Jāaplūko elektrona kustība divās dimensijās, izmantojot kustības vienādojumus. Jāanalizē enerģijas pārvērtības, elektronam paātrinoties elektriskajā laukā. Skolēnam jāzina spoles radītā magnētiskā lauka indukcijas līniju virziens, jāsaprot, pie kāda nosacījuma elektrons tiks novirzīts magnētiskajā laukā. Jāsaprot sakarība starp elektrona miera masu, relatīvistisko masu un kustības ātrumu – šī sakarība nav iekļauta fizikas formulu lapā, bet tā ir jāizmanto, atbildot uz uzdevuma pēdējo jautājumu. Jāprot izmantot un kombinēt formulas, analizēt attēlus un grafikus, izmantojot grafikos doto informāciju formulu pārveidojumos.

V2018-12-2. GRAVITĀCIJAS LĒCAS

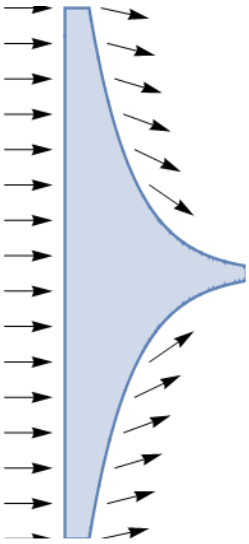
A Gravitācijas lēca ir **savācējlēca**: paralēls staru kūlis tiks safokusēts, stariem noliecoties par leņķi α tuvāk lēcas centram (katram staram būs atšķirīga α vērtība).

Taču gravitācijas lēcai **nav fokusa punkta**. Plānai optiskai lēcai ar fokusa punktu saprot punktu, kur pēc iziešanas caur lēcu krustojas visi gaismas stari, kas pirms iziešanas caur lēcu bija paralēli galvenajai optiskai asij. Optiskajām lēcām tāds punkts ir atrodams, jo tie stari, kas pirms iziešanas caur lēcu bija tuvāk optiskai asij, tiek noliekti mazāk nekā stari, kas bija tālāk no optiskās ass. Gravitācijas lēcai, savukārt, kā izriet no uzdevuma nosacījumos dotā vienādojuma, tie stari, kas ir tālāk no lēcas galvenās optiskās ass (ar lielāku b) tiek noliekti mazāk

B Pirmkārt, skaidrs, ka lēcai jābūt simetriskai attiecībā pret taisni starp novērotāju un lēcas centru (optisko asi).

Tālāk var spriest sekojoši: stariem, kas atrodas tālu no gravitācijas lēcas optiskās ass, noliekums ir tuvs 0. Tas nozīmē, ka, attālinoties no lēcas centra, lēcas abām virsmām jākļūst arvien paralēlākām (jo plakanparalēlā prizmā staru noliece ir 0).

Stari, kas atrodas tuvu optiskajai asij, savukārt tiek noliekti stipri. Tas nozīmē, ka optiskās ass tuvumā ir jāpastāv lielai liekumu starpībai starp abām lēcas virsmām.



354. att.

Tas ļauj secināt, ka lēcas biezumam jāpalielinās, tuvojoties optiskajai asij, un lēcas forma līdzināsies vīna glāzes kājiņas formai (354. att.):

Piezīme 1: precīza formula (kuru, protams, skolēniem nav jāizved), kas apraksta gravitācijas lēcu imitējošās optiskās lēcas biezuma Δ atkarību no attāluma līdz optiskajai asij b ir

$$\Delta b = \Delta_0 + 2R_{SC} ln\left(\frac{\frac{b_0}{b}}{n-1}\right), \text{ kur } R_{SC} = 2G\frac{M}{c^2}$$

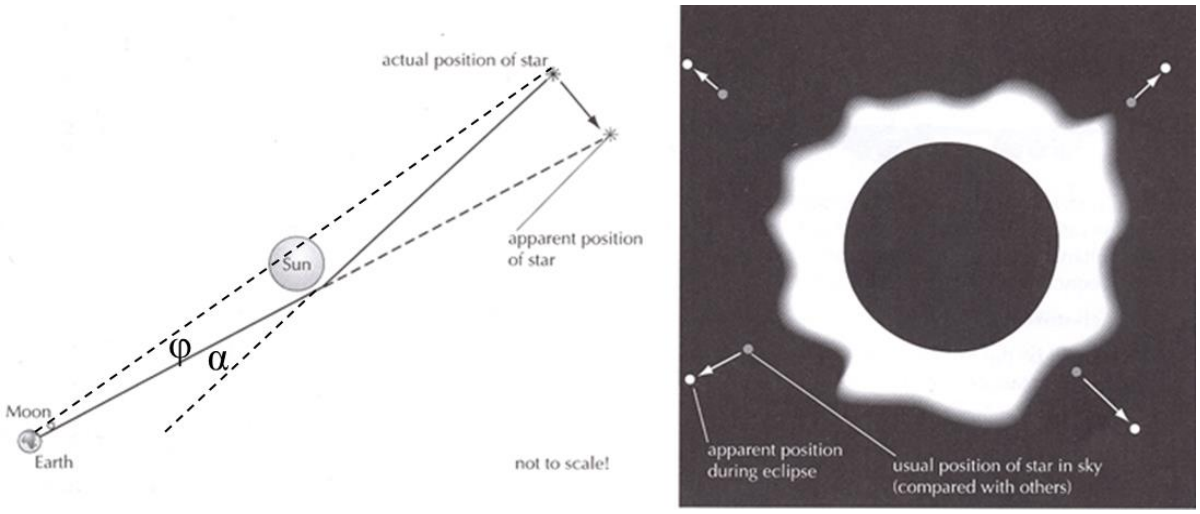
n ir optiskās lēcas materiāla laušanas koeficients, b_0 ir lēcas rādiuss un Δ_0 ir lēcas minimālai biezums.

Piezīme 2: optiskā lēca nevar emulēt visas gravitācijas lēcas īpatnības, un vērīgs novērotājs var pateikt, vai gaismas stars ir bijis novirzīts ar optisko lēcu vai ar gravitācijas lēcu. Optiskajā lēcā staru gaita ir nedaudz atkarīga no gaismas viļņa garuma (t.s. hromatiskā aberācija), kamēr gravitācijas lēcā šādas atkarības nav. Tādēļ var teikt, ka ģeometriskā optika gravitācijas lēcām strādā pat labāk nekā optiskajām lēcām. Būtiski, ka šīs īpatnības dēļ gravitācijas lēca iedarbojas ne tikai uz redzamo gaismu, bet uz elektromagnētisko starojumu visā viļņu garumu diapazonā.

C Uzvedinoši padomi un jautājumi:

– Uzzīmē staru gaitu no zvaigznes līdz Zemei, ņemot vērā Saules masas radīto gravitācijas lēcas efektu.
– Atceries, ka novērotājs saskatīs zvaigzni noliektā stara tiešajā turpinājumā!
– Kuri stari nolieksies vairāk – tie, kas iet tuvāk Saulei, vai tie, kas iet tālāk?

Kā parādīts 355. attēlā, zvaigznes radītiem stariem noliecoties Saules gravitācijas ietekmē, novērotām šķitīs, ka zvaigznes novērotais stāvoklis par leņķi φ atšķirsies no patiesā zvaigznes stāvokļa (attiecībā pret citām zvaigznēm). Tā kā stari vienmēr noliecas uz Saules pusi, tad zvaigzne izskatīsies esam **tālāk no Saules diska**.



355. att.

Turklāt, tā kā attālums no Saules līdz zvaigznei ir daudz lielāks nekā attālums no Saules līdz Zemei, tad

$$\varphi \approx \alpha = 4\frac{GM}{bc^2}$$

Maksimālā nobīde būs novērojama zvaigznēm, kuru radītie stari noiet minimālā iespējamā attālumā *b* no Saules, kas, protams, vienāds ar Saules rādiusu *R*.

Tādēļ

$$\varphi_{max} = 4\frac{GM}{Rc^2} = 4 \cdot \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{7 \cdot 10^8 \cdot (3 \cdot 10^8)^2} = \mathbf{8{,}5 \cdot 10^{-6}\ rad = 0{,}00049^0}$$

Saules diska leņķiskais izmērs $\approx \frac{R}{L_{ZS}} = \frac{7 \cdot 10^8}{1{,}5 \cdot 10^{11}} = 4{,}7 \cdot 10^{-3}$ rad $= 0{,}27^0$, kas daudzas reizes pārsniedz φ_{max}, tādēļ zvaigzni, kas atrastos tieši aiz Saules, nebūtu iespējams novērot nekad.

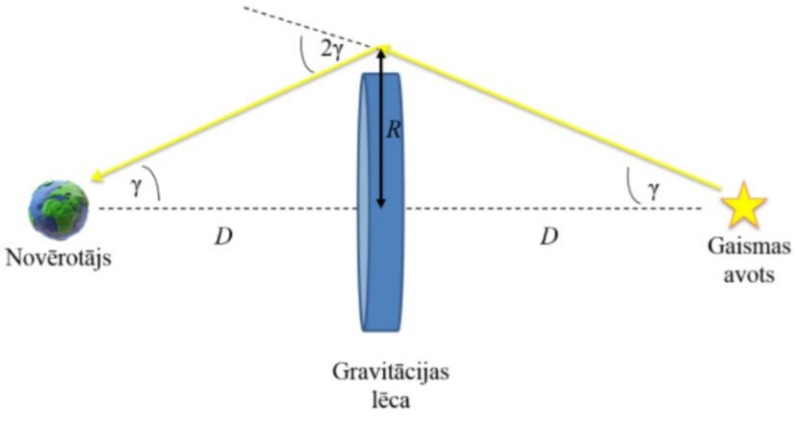
Taču, kā redzēsim nākamajā uzdevumā, ja būtiski palielina attālumu starp gravitācijas lēcu un novērotāju un/vai lēcas masu, tad gaisma no šādas zvaigznes varētu nonākt līdz novērotājam.

D Uzvedinoši padomi un jautājumi:

– Konstruē situācijas shematisko attēlu!

– Kāda ir sakarība starp visvairāk noliektā gaismas stara izstarošanas un noliekšanas leņķiem?

Kā parādīts 356. attēlā, gaismas staram, kas tika izstarots leņķī γ attiecībā pret kopīgo asi (un būs visvairāk noliektais gaismas stars), būtu jānoliecas par 2γ, lai apliektu galaktiku un nonāktu līdz novērotājam.



356. att.

Tātad $\gamma = \frac{\alpha}{2} = 2\frac{GM}{Rc^2}$, kur *M* un *R* ir galaktikas masa un rādiuss.

No otras puses, $\gamma \approx \frac{R}{D}$. Pielīdzinot iegūstam: $2\frac{GM}{Rc^2} = \frac{R}{D} \Rightarrow \frac{M}{R^2} = \frac{c^2}{2GD}$

Plāna diska virsmas blīvums ρ var tikt aprēķināts kā $\rho = \frac{M}{4\pi R^2}$

tādēļ

$$\rho_c = \frac{c^2}{8\pi GD} = \frac{(3 \cdot 10^8)^2}{8 \cdot 3{,}14 \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 3{,}09 \cdot 10^{16} \cdot 10^9} = \mathbf{1{,}73\ \frac{kg}{m^2}}$$

Ja virsmas blīvums būs mazāks nekā šī vērtība, visi gaismas avota raidītie stari krustos kopīgo asi aiz novērotāja vai nekrustos vispār. Ja virsmas blīvums būs lielāks nekā šī vērtība, vienmēr atradīsies kāds stars, kas noiet pietiekami tālu no gravitācijas lēcas centra, tā, ka pēc noliekšanās nonāks līdz novērotājam.

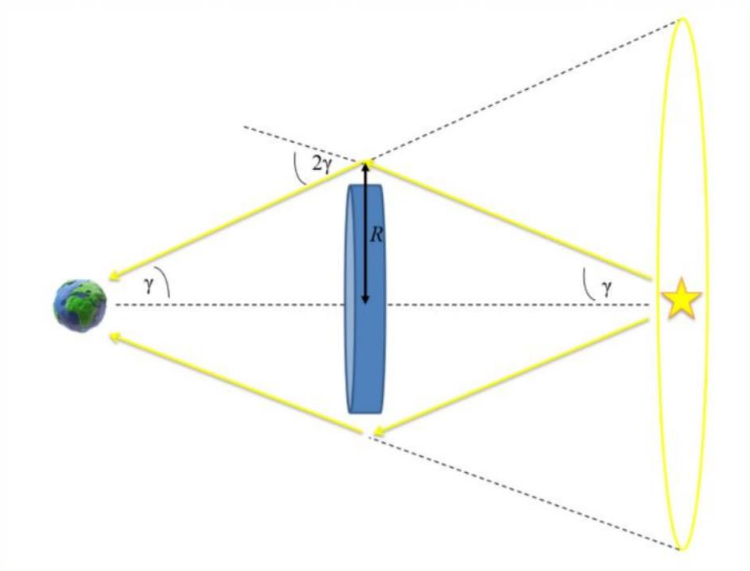
E Uzvedinoši padomi:

– Uzzīmē situācijas attēlu. Atceries, ka novērotājs saskatīs gaismu noliektā stara tiešajā turpinājumā!

Gaismas gredzens veidojas tādēļ, ka tikai noteiktā leņķī $\gamma = \frac{b}{D}$ izstarotā gaisma nonāks līdz novērotājam. Kā redzams 357. attēlā, leņķis γ būs arī meklētais gaismas gredzena leņķiskais rādiuss. Līdzīgi kā iepriekšējā uzdevuma punktā

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} = 2\frac{GM}{bc^2}$$

Izsakot b no pirmā vienādojuma ($b = \gamma D$), iegūstam:



357. att.

$$\gamma = 2\frac{GM}{\gamma Dc^2}$$

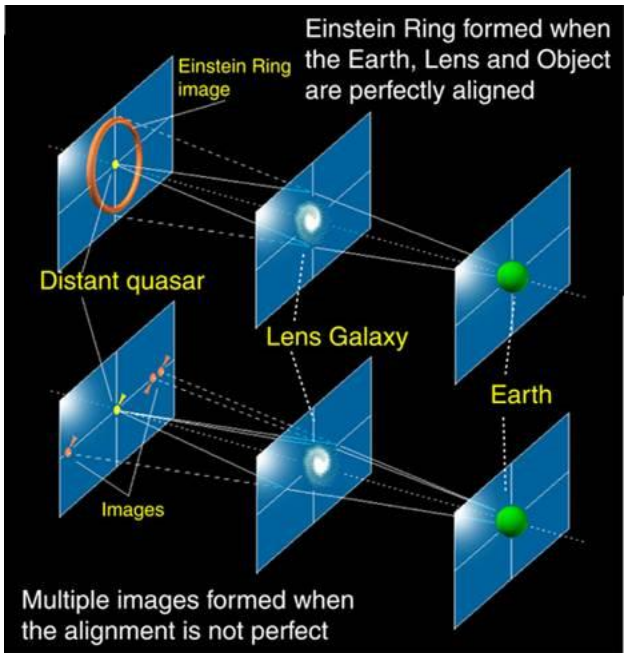
un izsakām γ:

$$\gamma = \sqrt{\frac{2GM}{Dc^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{30} \cdot 10^{12}}{3{,}09 \cdot 10^{16} \cdot 10^{9} \cdot (3 \cdot 10^{8})^2}} = \mathbf{9{,}8 \cdot 10^{-6}\ rad = 0{,}00056^0}$$

F Uzvedinošs jautājums:

– Ko var pateikt par izstarotā stara, noliektā stara un taisnes, kas savieno lēcas centru ar novērotāju, savstarpējo novietojumu gadījumā, ja novērotājs redz noliekto staru?

Gravitācijas lēcas (tāpat kā simetriskas optiskās lēcas) noliektais stars atrodas vienā plaknē ar sākotnējo staru un lēcas centru. Lai novērotājs varētu redzēt noliekto staru, arī viņam jāatrodas šajā plaknē. Šajā plaknē (parādīta 358. attēlā) var konstruēt ne vairāk kā divus izstarotos starus, kas, apliecot lēcu, var nonākt līdz novērotājam. Līdz ar to novērotājs redzamas attēls būs divi gaismas punkti: viens leņķī φ_1, otrs leņķī φ_2.



358. att.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Apgaismojums un attēli – staru gaita optiskajās lēcās (jautājumi A, B).
- Vielas uzbūve – blīvums (jautājums D).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi C, D, E);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi D, E);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi A, B, C, D, E, F);
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības (jautājumi D, E);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (formulas, shēmas, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi A, B, C, D, E);
- veic analītiskus spriedumus par procesiem un parādībām, izmantojot fizikas likumus (jautājums C).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – A jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – B, C, D jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – E, F jautājums.

Uzdevuma risināšanai nepieciešamā informācija ir dota jautājumu aprakstā, piedāvātajos attēlos un formulās. Risināšanas gaitā jāanalizē staru noliekums gravitācijas lēcā atkarībā no attāluma līdz lēcas centram, jāsaprot, kā optiskās lēcas izliekuma rādiuss ietekmē staru noliekumu. Jāprot konstruēt gaismas staru gaitu, ņemot vērā gaismas noliekšanos. Jāsaprot, ka šķietams priekšmeta attēls veidosies noliektā stara tiešajā turpinājumā. Jāprot veidot situācijai atbilstošo matemātisko modeli (zīmējumu) un pielietot matemātikas zināšanas izteiksmju iegūšanai un pārveidošanai (riņķa laukums, sakarības starp leņķiem un malām vienādsānu trijstūrī, sakarība starp leņķu mērīšanu grādos un radiānos).

V2018-12-3. NEITRONU ZVAIGZNES IZMĒRA NOVĒRTĒJUMS

A Iekšējā un gravitācijas enerģija

A1 Uzvedinoši jautājumi:

– Vai kinētiskā enerģija var būt negatīva?

– Vai spēka veiktais darbs var būt negatīvs?

– Kā mainās darbs, ko pastrādātu gravitācijas spēki, zvaigznes vielu vienmērīgi izklīdinot neierobežotā telpā, ja neitronu gāzes daļiņas atrodas tālāk no zvaigznes centra?

***A* > 0** (iekšējā enerģija ir pozitīva), ***B* < 0** (gravitācijas potenciālā enerģija ir negatīva), **α > 0** (jo mazākā tilpumā saspiesta neitronu gāze, jo lielāka iekšējā enerģija), **β > 0** (lielajos attālumos gravitācijas enerģijai jādilst uz nulli).

A2 Uzvedinošs padoms:

– Atceries, ka stabilu līdzsvaru raksturo pilnās enerģijas minimums, pie tām pilnā enerģija ir negatīva.

Līdzsvara stāvoklī $R = R_0$ pilnā enerģija ir negatīva. Pie $R > R_0$ tā kļūst lielāka, bet joprojām paliek negatīva, tiecoties uz 0, kad *R* tiecas uz bezgalību. Tas nozīmē, ka

$$\frac{A}{R^{\alpha}} < \frac{|B|}{R^{\beta}}$$

pie patvaļīgi lielajiem R nevienādība var būt patiesa tikai pie $\boldsymbol{\alpha > \beta}$.

A3 Uzvedinošs padoms:

– Stabilu līdzsvaru raksturo pilnās enerģijas minimums, kas nozīmē, ka pilnās enerģijas atvasinājums būs vienāds ar nulli. Lai atbildētu uz šo jautājumu, neizmantojot atvasināšanu, jāzina koeficientu α un β precīzas vērtības (tas ir aprakstīts zemāk jautājumā D).

R_0 atbilst funkcijas $E_{kopējā}(R) = E_{ie}(R) + E_{gr}(R)$ minimumam, jo stabilu līdzsvaru raksturo pilnās enerģijas minimums. Atvasinot izteiksmi kopējai enerģijai, iegūst:

$$\frac{dE_{kopējā}(R)}{dR} = -A\alpha R^{-\alpha-1} - B\beta R^{-\beta-1}$$

Pēc funkcijas minimuma nosacījuma:

$$0 = -A\alpha {R_0}^{-\alpha-1} - B\beta {R_0}^{-\beta-1}$$

$$A\alpha {R_0}^{-\alpha-1} = B\beta {R_0}^{-\beta-1}$$

$$\boldsymbol{R_0 = \left(\frac{A\alpha}{|B|\beta}\right)^{\frac{1}{\alpha-\beta}}}$$

Minimuma nosacījumu var izrisināt bez atvasināšanas, zinot pareizās α un β vērtības, tas ir aprakstīts zemāk punktā D. Pakāpes rādītājus α un β, kā arī koeficientu B var iegūt no dimensiju analīzes, savukārt koeficientam A ar dimensiju analīzi nepietiek, jo A ir netriviāli atkarīgs no divām masām, M un m_n.

B Neitronu gāzes iekšējās enerģijas novērtējums no Heizenberga nenoteiktības principa

B1 Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda sakarība saista daļiņas kinētisko enerģiju, impulsu un masu?

– Kā var sasaistīt impulsa kvadrāta vidējo vērtību ar tā vidējo kvadrātisko novirzi? Kā var sasaistīt zvaignes rādiusu ar vienam neitronam pieejamo tilpumu?

Neitrona impulsu nevar noteikt viennozīmīgi, var tikai novērtēt varbūtību sadalījumu impulsa vērtībām. Impulsa vidējā vērtība $\bar{p}$ ir nulle, bet impulsa kvadrāta vidējā vērtība nav nulle. Tāpēc impulsa kvadrāta vidējo vērtību var sasaistīt ar tā vidējo kvadrātisko novirzi, izmantojot sekojošu sakarību:

$$(\Delta p)^2 = \overline{(p-\bar{p})^2} = \overline{p^2}$$

Līdz ar to vienam neitronam

$$E_{kin} = \frac{\overline{p^2}}{2m_n} = \frac{(\Delta p)^2}{2m_n} = \frac{h^2}{8\,\pi^2 (\Delta x)^2 m_n}$$

Zvaigzne sastāv no neitroniem ar masu m_n, tā kā katrs neitrons aizņem tilpumu

$$(\Delta x)^3 = \frac{V}{N} = V\frac{m_n}{M} = \frac{4\pi}{3}R^3\frac{m_n}{M}$$

$$\Delta x = \frac{2^{2/3}\pi^{1/3}R{m_n}^{1/3}}{3^{1/3}M^{1/3}}$$

$$(\Delta x)^2 = \frac{2^{4/3}\pi^{2/3}R^2{m_n}^{2/3}}{3^{2/3}M^{2/3}}$$

Izsakot un ievietojot Δx kinētiskās enerģijas izteiksmē, iegūst

$$E_{kin} = \frac{h^2}{8\,\pi^2 \cdot \frac{2^{\frac{4}{3}}\pi^{\frac{2}{3}}R^2 m_n^{\frac{2}{3}}}{3^{\frac{2}{3}}M^{\frac{2}{3}}} \cdot m_n} = \frac{h^2 3^{\frac{2}{3}} M^{\frac{2}{3}}}{2^{\frac{13}{3}}\pi^{\frac{8}{3}}R^2 m_n^{\frac{5}{3}}} = \frac{\mathbf{3^{2/3}}}{\mathbf{2^{13/3}\pi^{\frac{8}{3}}}} \cdot \frac{\mathbf{h^2 M^{2/3}}}{\mathbf{R^2 m_n^{5/3}}}$$

B2 Viena neitrona raksturīgā enerģija E_{kin} ir jāpareizina ar neitronu skaitu $\frac{M}{m_n}$, rezultātā iegūstot

$$E_{ie}(R) = \frac{3^{\frac{2}{3}}}{2^{\frac{13}{3}}\pi^{\frac{8}{3}}} \cdot \frac{h^2 M^{\frac{5}{3}}}{R^2 m_n^{\frac{8}{3}}} = 4{,}87 \cdot 10^{-3} \frac{h^2 M^{5/3}}{R^2 m_n^{\,8/3}}$$

no kā seko $\boldsymbol{\alpha = 2}$ un $\boldsymbol{A \sim \frac{h^2 M^{5/3}}{m_n^{8/3}}}$ (par atšķirībām skaitliskajā proporcionalitātes koeficientā skolēni netiek sodīti).

Precīzais konstantes A aprēķins prasa zināšanas ārpus skolas fizikas programmas.

C Gravitācijas potenciālās enerģijas novērtējums

Divu ķermeņu ar masām m_1 un m_2, kas atrodas savstarpējā attālumā L, gravitācijas mijiedarbības potenciālā enerģija ir

$$E_{12} = -G\frac{m_1 m_2}{L}$$

Novērtē homogēnas zvaigznes pilno gravitācijas potenciālo enerģiju $E_{gr}(R)$, nosaki pakāpes rādītāju β un novērtē konstanti B.

Uzvedinošs padoms:

– Zvaigznes tilpumu var tuvināti sadalīt divos vai vairāk ķermeņos.

Vienkāršam novērtējumam mēs varam sadalīt zvaigzni divās puslodēs, kuru masas $m_1 = m_2 = \frac{M}{2}$ un attālums starp masas centriem $L \approx R$.

Tad $E_{gr}(R) \approx -G\frac{(M/2)^2}{R}$, no kā izriet $\boldsymbol{\beta = 1}$ un $\boldsymbol{B \approx -\frac{1}{4}GM^2}$.

Precīzo B vērtību var iegūt, integrējot pa sfēriskām čaulām ar biezumu dr.

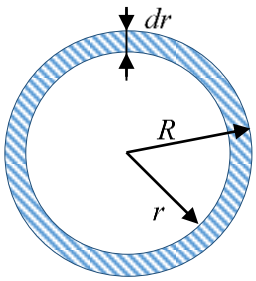
Šajā aprēķinā $L = r$, m_1 – čaulā ietvērtās lodes daļas masa, m_2 – čaulas masa

$$M = \rho V = \rho\frac{4\pi R^3}{3} \Rightarrow \frac{4\pi\rho}{3} = \frac{M}{R^3}$$

$$m_1 = \rho\frac{4\pi r^3}{3} = \frac{M}{R^3}r^3 = M\left(\frac{r}{R}\right)^3$$

$$m_2 = \rho dV \qquad \rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3} \qquad dV = 4\pi r^2 dr$$

$$m_2 = 4\pi r^2\frac{3M}{4\pi R^3}dr = \frac{3Mr^2}{R^3}dr$$



359. att.

Homogēnas zvaigznes pilnā gravitācijas potenciālā enerģija

$$E_{gr}(R) = \int_0^R -G\frac{M\left(\frac{r}{R}\right)^3 \cdot \frac{3Mr^2}{R^3}}{r}dr = \frac{-3GM^2}{R^6}\int_0^R r^4 dr = -\frac{3\,GM^2}{R^6}\int_0^R r^4 dr = -\frac{3\,G\,M^2}{5\,R}$$

līdz ar to precīzā B vērtība ir $B = -\frac{3}{5}GM^2$ (par atšķirībām skaitliskajā proporcionalitātes koeficientā skolēni netiek sodīti).

D Rezultāta skaitliskais novērtējums

Uzvedinošie padomi:

– Tipiskās neitronu zvaigznes rādiusa novērtēšanai izmanto to atziņu, ka stabilu līdzsvaru raksturo kopējās enerģijas minimums. Padomā, kā var noteikt kvadrātfunkcijas minimumam atbilstošu argumenta vērtību.

Ja ir pareizi noteikti pakāpes rādītāji $\alpha = 2$ un $\beta = 1$, kopējās enerģijas minimumu var izteikt, neizmantojot diferencēšanu:

$$E_{kopējā} = A(1/R)^2 - |B|\,(1/R)$$

Šī funkcija ir parabola attiecībā pret argumentu $1/R$. Pilnās enerģijas minimums atbilst parabolas virsotnei, kuras abscisu nosaka pēc sakarības: $\frac{1}{R_0} = -\frac{-|B|}{2A} = \frac{|B|}{2A} \Rightarrow R_0 = \frac{2A}{|B|}$

Atbilde diametram, ja koeficientus *A* un *B* ņem ar precizitāti līdz bezdimensionālajai skaitliskajai konstantei:

$$2\,R_0 = \frac{4\,A}{|B|} \sim \frac{\boldsymbol{h^2}}{\boldsymbol{G\,M^{\frac{1}{3}}m^{\frac{8}{3}}}} = 119\ \text{km}$$

Atkarībā no pielietotā tuvinājuma, atšķirsies skaitlisko koeficienti dimensionālās izteiksmes

$$\frac{h^2}{G\,M^{1/3}m^{8/3}}$$

priekšā.

Atrisinājums ar precīzajiem skaitliskajiem koeficientiem *A* un *B* izteiksmēs:

$$2\,R_0 = \frac{1}{2}\left(\frac{3}{2\pi}\right)^{4/3}\frac{h^2}{G\,M^{1/3}m^{8/3}} = 0{,}186 \cdot 119\ \text{km}\ = \mathbf{22\ km}$$

Precīzā atbilde atbilst NASA populārzinātniskajos avotos norādītajam 20 km diametram (https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/objects/pulsars1.html.old).

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tēmās:

- Gāzu likumi – termodinamiskās sistēmas galvenie parametri (spiediens, tilpums, temperatūra) un to savstarpējā sakarība (jautājums A1), gāzes darbs un iekšējā enerģija (jautājums A1), sakarība starp masu, blīvumu un tilpumu (jautājums C).
- Enerģija un impulss – spēka darbs (jautājums A1), kinētiskā enerģija (jautājums A1), kopējā enerģija (jautājumi A2, A3, D), daļiņas impulss (jautājums B1).
- Mijiedarbība un spēki – gravitācijas spēks (jautājums A1).
- Eksperimentālais un pētnieciskais darbs fizikā – vidējā kvadrātiskā novirze (jautājums B1).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes:

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā – jautājumi A1, A2, A3, B2, D;
- izvērtē fizikālo lielumu maiņu, izmantojot funkcionālās sakarības starp tām – jautājumi A1, A2, A3, B1, B2, D;
- veic darbības ar daudzkārtņiem un pakāpēm – jautājumi A2, A3, B1, B2, D;

- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības – jautājumi A3, B1, B2, C, D;
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības – jautājumi B1, B2, C, D.

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – A2 jautājums;
- salīdzina, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista – A1 jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, rada, iztēlojas, reflektē – A3, B1, B2, C, D jautājums.

Šīs, iespējams, ir viens no izaicinošākiem fizikas valsts olimpiādes trešā posma uzdevumiem, kas varētu sagādāt grūtības pat lielai daļai augstskolu studentu. Vidusskolas standartkursā par kvantu likumiem netiek runāts daudz, bet mūsdienās tieši kvantu fizika ir pamats cietvielu fizikas, kā arī atomu un molekulu fizikas pētniecībai. Uzdevumu atrisināšanai fizikāli svarīga informācija, pārsvarā, tiek piedāvāta uzdevuma aprakstā, tomēr, lai nonāktu pie pareizās atbildes, skolēnam jādemonstrē izcilas matemātiskās prasmes, kā arī spēju identificēt, interpretēt un analizēt informāciju, prognozēt fizikālo lielumu savstarpēju sakarību, modelēt procesus un izvērtēt izmantoto modeļu pielietojamības robežas. Lai precīzi atbildētu uz dažiem uzdevuma jautājumiem, jāpielieto matemātiskās analīzes zināšanas (atvasināšana, integrēšana), tomēr atrisinājumos ir piedāvāti arī alternatīvie risinājumi.

V2018-12-D. RIŅĶA DANCIS

A Uzvedinoši jautājumi:

– Ko rada līdzstrāva spolē? Vai traukā ir kas tāds, kas varētu ar to mijiedarboties?
– Vai vara vitriola šķīdums vada elektrisko strāvu? Vai tad strāvu var redzēt?
– Kas un kādos virzienos varētu pārvietoties šķīdumā?
– Ko varētu ieraudzīt zem elektrodiem, ja strāva būtu plūdusi ilgu laiku?

Ja līdzspriegumam pievienojam tikai **spoli**, nekādas **izmaiņas nav novērojamas**, jo iekārtā nav feromagnētisku materiālu, kuri varētu reaģēt uz spoles radīto pastāvīgo magnētisko lauku. Līdzspriegumam pievienojot tikai **elektrodus**, vērojama mērena rosība šķīdumā, jo **notiek pozitīvo un negatīvo elektrolīta jonu kustība pretējos radiālos virzienos**. Procesam turpinoties ilgāku laiku, vajadzētu ieraudzīt nogulsnes pie elektrodiem.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda kustība, kādā virzienā varētu būt vērojama tagad? Kas tajā piedalās, kas ierosina?
– Vai kustas tikai elektriski lādētas daļiņas? Kāds spēks uz tām iedarbojas?
– Kā mēs sauktu šādu spēku, ja magnētiskais lauks iedarbotos uz metāla vadu, kurā kustētos lādiņi?
– Par kādu efektu mēs runātu, ja pētītu lādiņu kustību magnētiskajā laukā esošā pusvadītājā?

Ja līdzspriegumam pievienojam gan elektrodus, gan spoli, **sākas izteikta elektrolīta kustība apkārt centram**. Spēku, kas izraisa šo kustību, vislabāk būtu saukt par Lorenca spēku. Metāla vadītājā mēs to esam pieraduši saukt par Ampēra spēku, bet pusvadītājos to dēvējam par Holla efektu. Ja ieskatāmies šajos materiālos notiekošajos procesos dziļāk, kļūst skaidrs, ka arī tur uz lādiņnesējiem darbojas tas pats **Lorenca spēks.**

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kādos nemainīgos laukos tagad atrodas elektrolīts? Kādi ir to virzieni?

– Kādā vārdā sauksim spēku, kas šajos laukos darbojas uz kustošiem lādiņnesējiem?

– Kā atsevišķi varam saukt spēku, kas darbojas radiālā virzienā? Vai tā iedarbības vērsums visiem joniem ir vienāds? Vai tādēļ ir atšķirīgi vērsta arī šo jonu cirkulārā kustības daļa, kas iekustina visu elektrolīta masu?

Uz elektrolīta joniem darbojas Lorenca spēks. To šī spēka daļu, kas darbojas radiālā virzienā, atsevišķi sauc arī par Kulona spēku. Pozitīvajiem un negatīvajiem joniem tas ir **pretēji vērsts**. Bet **Lorenca spēka otra daļa** (**magnētiskā**, nevis elektriskā lauka iedarbība uz kustošiem lādiņnesējiem) ir tā, kura galvenokārt nosaka elektrolīta masas kustību. Tas virzienā ap trauka centru uz pozitīvajiem un negatīvajiem joniem darbojas vienādi gan pēc moduļa (absolūtās vērtības), gan virziena un vērsuma. Jo elementārlādiņu moduļi ir vienādi, un pretēji lādētās daļiņas elektriskajā laukā arī kustas pretējos virzienos. Tāpēc Lorenca spēkam būtisks ir strāvas virziens neatkarīgi no tā, kādi joni nodrošina šo strāvu kā lādiņnesēji.

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kas mainās jonu kustībā, ja pārslēdzam abus patērētājus pretējā polaritātē? Vai tas izraisa lielas vizuālas izmaiņas?

– Vai izmaiņas ir vērojamas, pārslēdzot patērētājus pa vienam? Ko izmaina katrs?

Ja abus patērētājus vienlaicīgi pārslēdzam pretējā polaritātē, **mainās uz pretējo tikai abu veidu jonu radiālā kustības komponente**. Lielas redzamas izmaiņas eksperimenta gaitā tas neizraisa, ja neievēro, pie kura elektroda izdalās nogulsnes. Kad mainām polaritāti tikai **spolei vai** tikai **elektrodiem, Lorenca spēka cirkulārā daļa maina vērsumu uz pretējo, tādēļ griezes kustība notiek pretējā virzienā**.

E Uzvedinoši jautājumi:

– Vai vienāds Lorenca spēks, kompensējot viskozo berzi, noteiktu vienādu lineāro vai leņķisko ātrumu?

– Vai strāva caur šķīduma šķērsgriezuma vienību ir vienāda dažādos attālumos no centra? Vai līdz ar to visur uz šķīduma masas vienību darbojas vienliels Lorenca spēks?

– Vai abi šie faktori ietekmē vienā virzienā leņķiskā ātruma skaitlisko vērtību, kādā iestājas dinamisks līdzsvars starp Lorenca spēku un viskozitāti?

Vara vitriola šķīdumam atšķirīgiem leņķiskajiem ātrumiem dažādos attālumos no trauka centra ir divi cēloņi. Pirmkārt, arī **vienāds lineārais ātrums tuvāk centram veidotu lielāku leņķisko ātrumu**. Otrkārt, **tuvāk trauka centram tāds pats Lorenca spēks darbojas uz mazākām elektrolīta masas daļām**, jo, tuvojoties centram, pieaug elektriskās strāvas blīvums elektrolītā.

F Uzvedinoši jautājumi:

– Vai uz dažādu rādiusu riņķa līnijām kustības ātruma skaitliskās vērtības ir vienādas?

– Vai pie pašām trauka ārsienām šķīdums vispār kustas? Kāpēc?

– Vai viskozā berze šķīdumā var veidot arī atšķirīgu virzienu plūsmas?

– Kas īpaši varētu būt redzams tuvu trauka centram?

Novirzes no vara vitriola šķīduma masas kustības pa riņķa līnijām varētu izsaukt **ūdens plūsmas turbulences** (virpuļi). Tās var rasties ūdens atšķirīgo kustības ātrumu dēļ. Piemēram, pie trauka sienām viskozitātes dēļ šis ātrums līdzinās nullei un pieaug, tuvojoties centram. Sevišķi centra tuvumā lielu leņķisko ātrumu atšķirību dēļ var veidoties virpuļi, kas iegriežas pretēji rotācijas galvenajam virzienam.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Ķermeņa kustība pa riņķa līniju: lineārais ātrums, leņķiskais ātrums, viskozitāte – B, C, D, E, F.
- Kulona likums. Elektriskais lauks – A, B, C, D, E.
- Magnētiskais lauks. Strāvas kontūrs ārējā magnētiskajā laukā: Ampēra spēks. Lādētu daļiņu kustība elektriskajā un magnētiskajā laukā: Lorenca spēks – A, B, C, D, E.

Uzdevuma atrisināšanai (izskaidrošanai) skolēnam jāprot:

- novērot, prognozēt, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē – A, D;
- teoretizē, vispārina, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē (paplašināta abstrakcija) – B, C, E, F.

V2018-12-E. SHĒMA

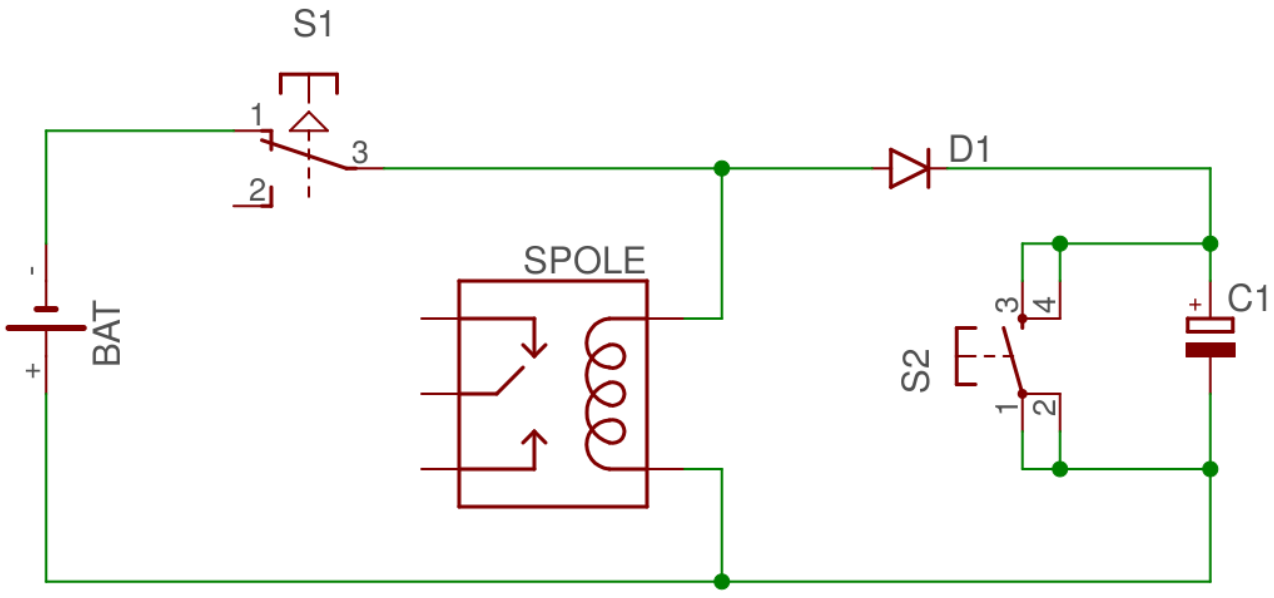
Uzvedinoši jautājumi un rosinājumi:

– Vai kondensators no baterijas var uzlādēties līdz lielākam spriegumam nekā baterijai?

– Bet vai spole pēc ātras atslēgšanas no baterijas var inducēt lielāku EDS nekā baterijai?

Var izmēģināt otro variantu.

– Piemēram, saslēgt paralēli spoli, multimetru un bateriju, un tad bateriju strauji atvienot. Ja multimetrs (kā voltmetrs) vidējo mērījumus pārāk ilgā laikā, spoli vajag pārslēgt no baterijas uz multimetru, ja tikai slēdzis to izdara pietiekoši ātri un kontakts pēc pārslēgšanas ir labs (slēdzim ļoti maza pretestība). Ja arī tas neizdodas, var saslēgt kā sākumā, bet multimetru pievienot caur diodi. Tas var izdoties, ja diode ir ideālāka, nekā voltmetrs (tās pretestība sprostvirzienā lielāka). Ja nē, šādi caur diodi var uzlādēt kondensatoru.



360. att.

Piemēram, tā, kā 360. attēlā redzamajā shēmā. Tajā kondensatoru var neizlādēt, bet uzlādēšanu atkārtot vairākkārtīgi, un tikai tad kondensatoram pieslēgt multimetru. Salīdzinot dažādu kondensatoru uzlādēšanos vai viena kondensatora (ar lielāko kapacitāti) spriegumu atkarībā no uzlādēšanas reižu skaita (neizlādējot), var novērtēt spoles induktivitāti.

Uzdevums turpina novada olimpiādē iesākto tēmu par enerģijas saglabāšanos svārstību kontūrā. Risinājums (visticamāk viens no tiem) ir sekojošs:

Shēmas (360. att.) analīze:

1. Kondensatoru C1 un diodi D1 saslēdz tā, lai diode nodrošinātu polārā kondensatora pareizu uzlādēšanos.
2. Spiedpogu pievieno kondensatoram un ar tās palīdzību kondensators var tikt izlādēts jauna mērījuma uzsākšanai.
3. Pievieno shēmai spoli, bateriju un slēdzi S1. Pievērsiet uzmanību baterijas polaritātei. Ja slēdzis S1 ir tādā stāvoklī, kā dots 360. attēlā, tad strāva caur spoli plūst, bet kondensators netiek uzlādēts, jo cauri diodei strāva neplūst (ieslēgta sprostvirzienā).
4. Pārslēdzot slēdzi S1, spoles pašindukcijas EDS rada strāvu, kas cenšas saglabāt pirms tam plūdušās strāvas virzienu. Tā kā ķēdes daļa ar bateriju ir atslēgta, tad vienīgais strāvas plūšanas ceļš ir caur diodi, kas ir atvērta šādam strāvas plūšanas virzienam.
5. Līdzīgi kā svārstību kontūra gadījumā, spoles magnētiskā lauka enerģija pāriet kondensatora elektrostatiskajā enerģijā. Vienkārši sakot, kondensators uzlādējas. Pretējs process nevar notikt, jo tad strāva caur diodi šādā virzienā neplūst. Rezultātā kondensators paliek uzlādējies. Jo lielāka kondensatora kapacitāte, jo mazāks spriegums uz tā veidojas.
6. Ja uzlādētajam kondensatoram pievieno multimetru, tad kondensators izlādējas caur multimetru. Jo lielāka kondensatora kapacitāte, jo lēnāk notiek tā izlāde.
7. Pirms jauna mērījuma uzsākšanas ar spiedpogas S2 palīdzību kondensators jāizlādē.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Fizikāli mērījumi un mērvienības. Eksperimenta plānošana, datu apstrāde un analīze.
- Elektriskā kapacitāte, kondensatori. Elektriskais spriegums. Elektriskās strāvas stiprums. Elektroenerģijas avota elektrodzinējspēks un iekšējā pretestība. Oma likums ķēdes posmam un noslēgtai ķēdei. Elektriskās strāvas darbs un jauda. Elektriskā strāva dažādās vidēs. Elektroenerģijas patērētāju slēgumi. Rezistoru virknes, paralēlais un jauktais slēgums. Elektriskās strāvas vadītāju voltampēru raksturlīknes.
- Elektromagnētiskā indukcija. Strāvas kontūra induktivitāte. Pašindukcija. Magnētiskā lauka enerģija. Elektriskā un magnētiskā lauka enerģijas maiņa svārstību kontūrā.

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam jāprot:

- Plānot eksperimentu, eksperimentēt, novērot, mērīt, prognozēt, noteikt lielumus, iegūt datus, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- Kombinē, salīdzina, izvērtē, teoretizē, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes.

2018./2019. mācību gads – Latvijas 69. fizikas olimpiāde

Novada olimpiāde – 2019

9. klase

N2019-9-1. PITONS

1.

A $\mathrm{v} = 8\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = \mathbf{2{,}22\,\frac{m}{s}}$

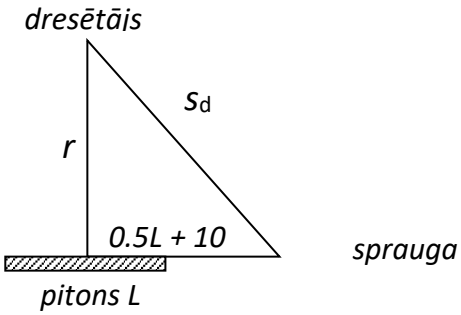
B Laiks, kas nepieciešams, lai pitons pilnībā izlīstu no manēžas, ņemot vērā, ka pitonam jāaizlien līdz apmalei 10 m un jāizlien ārā pilnībā, t. i. vēl 7 m:

$$t = \frac{s}{\mathrm{v}} = \frac{(10+7)}{2{,}2} = \mathbf{7{,}65\ s}$$

C Uzvedinošs jautājums:

– Kur atrodas dresētājs un pitons attiecībā pret spraugu? Uzzīmē situācijas zīmējumu!

Dresētajam līdz spraugai jānoskrien attālums s_d (361. att.):



361. att.

$$s_d = \sqrt{r^2 + (0{,}5L + 10)^2} = \sqrt{30^2 + (0{,}5 \cdot 7 + 10)^2} = \mathbf{32{,}9\ m}$$

D Dresētājam būs tik daudz laiks, cik vajadzīgs pitonam, lai tas aizlīstu līdz spraugai.

$$t = \frac{s}{\mathrm{v}} = \frac{10}{2{,}22} = \mathbf{4{,}50\ s}$$

E Dresētāja minimālais kustības ātrums (skat. zīmējumu 1C jautājuma risinājumā).

$$\mathrm{v}_{\min} = \frac{s_d}{t} = \frac{32{,}9}{4{,}50} = \mathbf{7{,}31\ \frac{m}{s}}$$

F Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels attālums dresētājam jānoskrien līdz spraugai?

– Cik ilgs laiks nepieciešams, lai pitons pilnībā izlīstu no manēžas?

Dresētajam līdz spraugai jānoskrien attālums s_d, savukārt, laiks, kas nepieciešams, lai pitons pilnībā izlīstu no manēžas, ir 7,65 s.

$$v_{min} = \frac{s_d}{t} = \frac{32{,}9}{7{,}65} = \mathbf{4{,}30\ \frac{m}{s}}$$

2.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{L \cdot d} = \frac{70 \cdot 9{,}8}{6 \cdot 0{,}3} = \mathbf{381\ Pa}$$

3.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kad pitons sāk pagriezienu? Kad pitona pagrieziens ir beidzies?

– Cik lielu attālumu pitons aizrāpos gar dresētāja kājām pagrieziena laikā?

Tā kā pagrieziens sākas, kad pitons ir pielīdis līdz dresētāja kājām un beidzas tajā momentā, kad pitons ir pilnīgi izstiepies un lien prom no dresētāja, tad gar dresētāja kājām pagrieziena laikā pitons aizrāpos pilnā garumā, t. i. 6 m. Pitona ātrums

$$v = 8\frac{km}{h} = 2{,}22\frac{m}{s}$$

$$t = \frac{s}{v} = \frac{6}{2{,}22} = \mathbf{2{,}70\ s}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kas būs atskaites sākumpunkts un kādu atskaites virzienu pitona kustībai ir ērti izvēlēties?

– Kā mainās pitona galvas un astes atrašanās vieta attiecībā pret dresētāja kājām pagrieziena veikšanas laikā?

Lai aprakstītu doto situāciju, izvēlēsimies atskaites sākumpunktu pie dresētāja kājām un atskaites virzienu no dresētāja pretēji pitona sākotnējam līšanas virzienam. Laiku sāksim skaitīt no pagrieziena sākuma, t. i., kad pitons ir pielīdis pie dresētāja kājām. Ar x_1 apzīmēsim galvas atrašanās vietu un ar x_2 – astes atrašanās vietu.

Kamēr pitons lien pagriezienā, attiecīgi galvas un astes atrašanās vieta attiecībā pret dresētāja kājām mainās atbilstoši sekojošām sakarībām:

$x_1 = wt$

$x_2 = L - ut$

Kad pitons ir pilnībā pagriezies un lien prom no dresētāja: $L = x_1 - x_2 = wt_p - (L - ut_p)$,

no kurienes seko, ka

$$t_p = \frac{2L}{w+u} = \frac{2 \cdot 6}{3+2} = \mathbf{2{,}4\ s}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kā pitona pagrieziena laiks ir atkarīgs no pitona daļu kustības ātrumiem *w* un *u* un pitona garuma?

– Kā mainās astes atrašanās vietas koordināte pagrieziena laikā?

Astes koordināte šajā momentā ir

$$x_A = x_2(t_p) = L - ut_p = L - u\frac{2L}{u+w} = L\frac{u+w}{u+w} - 2L\frac{u}{u+w} = L\frac{w-u}{w+u}$$

$$x_A = 6 \cdot \frac{3-2}{3+2} = \mathbf{1{,}2\ m}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par vienmērīgu kustību un tās raksturlielumiem, kā arī par spiedienu (2. jautājums):

- ātrums vienmērīgā kustībā (1A, 1B, 1D, 1E, 1F, 3A), pārvietojums (1C, 3B), koordināta (3B, 3C);
- spiediens uz virsmu (2.), smaguma spēks (2.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (3A);
- pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (1A, 3A);
- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskas likumsakarības (2.);
- aprakstīt kustību, izmantojot kustības raksturlielumus (1C, 1D, 1E, 1F, 3B, 3C);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (3B, 3C);
- analizēt fizikāla rakstura informāciju tekstā (1C, 1F);
- modelēt fizikālos procesus (3B, 3C);
- veikt aprēķinus (visos uzdevuma jautājumos).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt, veikt vienkāršu darbību – 1A un 1D jautājums;
- aprakstīt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1B, 1E un 2. jautājums;
- salīdzināt, skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – 1C, 1F, 3A un 3C jautājums;
- vispārināt, iztēloties – 3B jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par vienmērīgas kustības raksturlielumiem un tos saistošajām likumsakarībām. Skolēnam jāprot modelēt dažādas situācijas, kā kustās pitons un dresētājs viens attiecībā pret otru un aprakstīt kustību izmantojot atbilstošās sakarības, izteikt fizikālos lielumus, apvienojot vairākas sakarības, veikt aprēķinus.

N2019-9-2. PUSDIENAS

1. PANKŪKAS

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kādos apstākļos atrodas abas pankūkas?

– Kāds sildīšanas procesu raksturojošais fizikālais lielums ir atšķirīgs katrai pankūkai?

Tā kā abas pankūkas sākumā atrodas vienādā temperatūrā, tās ir jāsasilda līdz 75 °C un tām abām ir vienādas masas sastāvdaļas, tad, pievadot vienādu siltuma daudzumu, ātrāk izcepsies **siera pankūka**, jo sieram ir mazāka īpatnējā siltumietilpība.

B Pievadītais siltuma daudzums:

$$Q_g = c_{gaļai} m_{gaļai} (t_b - t_s) + c_{mīklai} m_{mīklai} (t_b - t_s)$$

$$Q_g = 3520 \cdot 0{,}1 \cdot (75 - 10) + 2000 \cdot 0{,}05 \cdot (75 - 10) = 22880 + 6500 = 29380 \text{ J} = \mathbf{29\ kJ}$$

C Lai abas pankūkas izceptos vienlaicīgi

$$Q_s = Q_g$$

$$c_s m_s (t_b - t_s) = c_g m_g (t_b - t_s)$$

$$c_s m_s = c_g m_g$$

$$m_s = \frac{c_g m_g}{c_s}$$

$$m_s = \frac{3520 \cdot 0{,}1}{2770} = 0{,}127 \text{ kg} = \mathbf{127\ g}$$

2. GATAVOŠANA UZ UGUNS

A Uzvedinoši jautājumi:

– No kā atkarīgs siltuma daudzums, kas izdalās sadegot kurināmajam?

– Kāds sadegšanas procesu raksturojošais lielums ir atšķirīgs dažādiem kokiem?

Ozola zarus, jo ozolam ir vismazākais īpatnējais sadegšanas siltums.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kur rodas siltuma daudzums, kas tiek izmantots pankūku izcepšanai un pannas sildīšanai? Cik liela daļa no šī siltuma daudzuma tiek patērēta lietderīgi?

– Kas tiek sasildīts? Kādas ir pankūku sastāvdaļas? Cik pankūkas plānots izcept?

5% no siltuma daudzuma, kas rodas sadedzinot bērza malku, aiziet, lai sasildītu čuguna pannu un 10 pankūkas, kuras sastāv no mīklas un gaļas pildījuma:

$$0{,}05 Q_{bērzs} = N\left(Q_m + Q_g\right) + Q_{panna}$$

$$0{,}05 q m_{bērzs} = 10(c_{mīkla} m_{mīkla} \Delta T + c_{gaļa} m_{gaļa} \Delta T) + c_{čuguns} m_{panna} \Delta T$$

Malkas masa:

$$m_{bērzs} = \frac{10\left(c_{mīkla} m_{mīkla} \Delta T + c_{gaļa} m_{gaļa} \Delta T\right) + c_{čuguns} m_{panna} \Delta T}{0{,}05 q} =$$

$$= \frac{10(2000 \cdot 0{,}05 \cdot 65 + 3520 \cdot 0{,}1 \cdot 65) + 540 \cdot 2{,}3 \cdot 65}{0{,}05 \cdot 18{,}7 \cdot 10^6} = \frac{374530}{0{,}05 \cdot 18{,}7 \cdot 10^6} = 0{,}400 \text{ kg} = \mathbf{400\ g}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels siltuma daudzums nepieciešams, lai izceptu 10 gaļas pankūkas uz čuguna pannas ar vāku uz ugunskura?

– Kas mainās, ja salīdzinām gadījumus, kad pankūkas cep uz pannas bez vāka un ar vāku? Uzraksti, kāds siltuma daudzums rodas katrā no gadījumiem, sadedzinot bērza malku!

Siltuma daudzums *Q*, kas nepieciešams, lai izceptu 10 gaļas pankūkas uz čuguna pannas ar vāku uz ugunskura:

$$Q = \frac{10(c_{mīkla} m_{mīkla} \Delta T + c_{gaļa} m_{gaļa} \Delta T) + c_{čuguns} m_{panna} \Delta T}{0{,}05} = 7\ 490\ 600\ \text{J} = 7{,}4906\ \text{MJ}$$

Izsakot bērzu malkas masu gadījumos, kad pankūkas cep bez un ar vāku, atrodam patērētās bērzu malkas starpību:

$$\Delta m = m_2 - m_1 = \frac{Q}{0{,}6 q_{bērzs}} - \frac{Q}{q_{bērzs}} = \frac{Q}{q_{bērzs}}\left(\frac{1}{0{,}6} - 1\right) = \frac{7{,}4906}{18{,}7}\left(\frac{1}{0{,}6} - 1\right) = 0{,}267\ \text{kg} = \mathbf{267\ g}$$

3. SERVĒŠANA

A Uzvedinoši jautājumi:

– Ko nozīmē termodinamiskā līdzsvara iestāšanās?

– Kas aplūkotajā situācijā saņem un kas atdod siltuma daudzumu?

Kad iestājas termodinamiskais līdzsvars, pankūkas un šķīvja temperatūras ir kļuvušas vienādas un vairs nemainās.

Sasildītā gaļas pankūka atdod siltuma daudzumu keramikas šķīvim:

$$Q_{saņemtais} = - Q_{atdotais}$$

$$c_k m_{šķ}(t - t_{šķ}) = - c_p m_p (t - t_p)$$

$$c_k m_{šķ} t - c_k m_{šķ} t_{šķ} = c_p m_p t_p - c_p m_p t$$

$$c_k m_{šķ} t + c_p m_p t = c_k m_{šķ} t_{šķ} + c_p m_p t_p$$

$$t(c_k m_{šķ} + c_p m_p) = c_k m_{šķ} t_{šķ} + c_p m_p t_p$$

$$t = \frac{c_k m_{šķ} t_{šķ} + c_p m_p t_p}{c_k m_{šķ} + c_p m_p} = \frac{850 \cdot 0{,}25 \cdot 20 + 3020 \cdot 0{,}15 \cdot 75}{850 \cdot 0{,}25 + 3020 \cdot 0{,}15} = \frac{38225}{665{,}5} = \mathbf{57}\ ^\circ\text{C}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Ko nozīmē, ja šķīvim ir lielāka siltumietilpība? Kā mainās šķīvja uzsildīšanai nepieciešamais siltuma daudzums, salīdzinājumā ar šķīvi, kuram ir mazāka siltumietilpība? Kā tas ietekmē siltuma daudzumu, kuru atdod pankūka šķīvja sasildīšanai?

Paņemot šķīvi ar lielāku siltumietilpību, pieaug siltuma daudzums, kas nepieciešams, lai šķīvi uzsildītu par 1 °C, kas nozīmē, ka kopumā šķīvja uzsilšanai vajadzēs lielāku siltuma daudzumu. Līdz ar to pankūkas atdotais siltuma daudzums, kas aiziet šķīvja sasildīšanai arī būs lielāks, tātad beigu temperatūra būs **zemāka**.

4. TĒJA

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kā attēlo temperatūras maiņu laikā ūdens sildīšanas procesā, ja ūdeni sasilda no kādas sākuma temperatūras līdz kādai beigu temperatūrai? Vai temperatūra mainās lineāri laikā šajā procesā?

– Kā mainās ūdens temperatūra ūdens vārīšanās un iztvaikošanas procesā?

– Kā attēlo temperatūras maiņu laikā ūdens tvaika sildīšanas procesā, ja tvaiku sasilda no kādas sākuma temperatūras līdz kādai beigu temperatūrai? Vai temperatūra mainās lineāri laikā šajā procesā?

Grafiks A (151. att.). Ūdens tiek sasildīts no sākotnējās temperatūras līdz vārīšanās temperatūrai. Vārīšanās notiek pie konstantas temperatūras. Ja turpina pievadīt siltumu, tad sāk sildīt tvaiku. Visi posmi ir lineāri laikā.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kā noteikt, cik ilgs laiks nepieciešams, lai ūdeni sasildītu līdz vārīšanās temperatūrai, ja zināms, cik lielu siltuma daudzumu tējkanna katru sekundi pievada ūdenim?

– Kā noteikt, cik ilgs laiks nepieciešams, lai ūdeni, kurš atrodas 100 °C temperatūrā pilnībā iztvaicētu?

– Cik ilgā laikā ūdeni uzsilda no 20 °C temperatūras līdz vārīšanās temperatūrai un pilnībā iztvaicē? Vai šis laiks ir ilgāks par 10 minūtēm?

Tējkanna katru sekundi pievada ūdenim 2500 J lielu siltuma daudzumu, tāpēc laiks, kas nepieciešams, lai visu ūdeni sasildītu līdz vārīšanās temperatūrai:

$$P \cdot t_1 = cm(T_v - T_s)$$

$$t_1 = \frac{cm(T_v - T_s)}{P} = \frac{4200 \cdot 0{,}5 \cdot (100 - 20)}{2500} = 67{,}2 \text{ s}$$

Laiku, kas nepieciešams, lai visu ūdeni iztvaicētu, var iegūt no vienādības

$$P \cdot t_2 = Lm$$

$$t_2 = \frac{Lm}{P} = \frac{22{,}6 \cdot 10^5 \cdot 0{,}5}{2500} = 452 \text{ s}$$

Tātad, lai ūdeni uzsildītu līdz vārīšanās temperatūrai un iztvaicētu ir jāuzgaida
$t = t_1 + t_2 = 67{,}2 + 452 = 519$ s = 8,7 min

Kad Pēteris pēc 10 minūtēm atcerējās par ūdeni, tas jau viss bija iztvaikojis, tātad tēju uztaisīt viņam **neizdosies**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par siltuma procesiem:

- siltumietilpība (1A, 3B jautājumi), siltuma daudzums vielas sildīšanai vai atdzesēšanai (1B, 1C, 2B, 2C, 3A, 4B), siltuma daudzums kurināmā sadegšanas procesā (2.), kurināmā īpatnējais sadegšanas siltums (2A), siltuma daudzums iztvaikošanas procesā (4B), siltuma bilance (1C, 2B, 3A).
- siltuma procesu grafiskais attēlojums (4A), enerģijas nezūdamības likums (4B).
- elektroierīces veiktais darbs un jauda (4B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (1A, 1B, 2A, 3B, 4B);
- pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (1B, 2B, 4B);

- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (1C, 2B, 2C, 3A, 4B);
- analizēt procesu grafikus (4A);
- saskatīt situācijās enerģijas nezūdamības likumu (1C, 2B, 3A, 4B);
- veikt aprēķinus (1B, 1C, 2B, 2C, 3A, 4B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- aprakstīt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1B un 1C jautājums;
- salīdzināt, skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – 1A, 2., 3. un 4. jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par siltuma procesiem, kas notiek vielu sildot, dzesējot, iztvaicējot, sadedzinot; kā vielas raksturlielumi – īpatnējais sadegšanas siltums, īpatnējā siltumietilpība, ietekmē procesa norisi. Skolēnam jāprot sastādīt siltuma bilances vienādojumi, ņemot vērā enerģijas nezūdamību aplūkotajos procesos, kā arī analizēt siltuma procesus raksturojošos grafikus.

N2019-9-3. ELEKTRISKIE SLĒGUMI

1.

A Ar ampērmetru A_4 nevarēs izmērīt strāvas stiprumu virknes slēgumā, jo tas ir pieslēgts paralēli rezistoram. Ampērmetrs uzrāda tam cauri plūstošās strāvas stiprumu.

B Voltmetri V_1 un V_2 ieslēgti virknes slēgumā uzrādīs pusi no sprieguma avota sprieguma, jo to pretestības tipiski būs ievērojami lielākas par citu ķēdes elementu pretestībām. Voltmetra spailes jāpieslēdz starp tiem diviem elektriskās ķēdes punktiem, starp kuriem spriegums ir jāizmēra.

C Rezistora pretestību var noteikt pēc Oma likuma ķēdes posmam: $I = U/R$. Strāvas stiprumu var noteikt ar jebkuru ampērmetru, kas ķēdē ieslēgts virknē: A_1, A_2 vai A_3. Spriegumu uz rezistora var noteikt ar voltmetru V_4, kas pieslēgts paralēli rezistoram.

D Spuldzītes pretestību var noteikt pēc Oma likuma ķēdes posmam: $I = U/R$. Strāvas stiprumu var noteikt ar jebkuru ampērmetru, kas ķēdē ieslēgts virknē: A_1, A_2 vai A_3. Spriegumu uz spuldzītes var noteikt ar voltmetru V_3, kas pieslēgts paralēli spuldzītei.

2.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kādu likumsakarību izmantojot var noteikt patērētāja pretestību ķēdes posmā?

– Kādi elementi ir saslēgti virknē un kādi paralēli katrā no slēgumiem E1 un E2?

– Kādu strāvas stiprumu mēra ampērmetrs slēgumā E1 un slēgumā E2? Uzraksti sakarību!

– Kādu spriegumu mēra voltmetrs slēgumā E1 un slēgumā E2? Uzraksti sakarību!

– Patērētājs R vienā gadījumā saslēgts virknē ar mērierīci, otrā gadījumā paralēli tai. Kurā slēgumā – virknes vai paralēlā, ir jāņem vērā mērierīces pretestību, ja patērētāja R pretestība ir salīdzināma, daudzas reizes mazāka vai daudzas reizes lielāka nekā mērierīces pretestība? Kāpēc?

Patērētāja pretestību var noteikt pēc Oma likuma ķēdes posmam: $R = U/I$, kur U – voltmetra uzrādītais spriegums un I – ampērmetra uzrādītais strāvas stiprums. Voltmetra pretestība R_V, ampērmetra pretestība R_A.

Slēgumā E1 caur ampērmetru izplūst kopējā strāva, kas plūst caur patērētāja R un voltmetra paralēlslēgumu. Ampērmetra uzrādītais strāvas stiprums

$$I = I_R + I_V = \frac{U}{R} + \frac{U}{R_V}, \text{ t. i. } \frac{U}{I} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}$$

Slēgumā E2 ar voltmetru tiek mērīts kopējais spriegums virknē saslēgtam patērētājam un ampērmetram.

$$U = IR + IR_A, \text{ t. i. } \frac{U}{I} = R + R_A$$

Ja patērētāja pretestība būtu daudz lielāka nekā ampērmetra pretestība un daudz mazāka nekā voltmetra pretestība, t. i. $R_A << R << R_V$, tad gan slēgumā E1, gan slēgumā E2, pretestību varētu noteikt pēc Oma likuma ķēdes posmam R = U/I, jo tad slēgumam E1 būs spēkā $1/R_V << 1/R$, bet slēgumam E2 – $R_A << R$.

A Ja patērētāja R pretestība ir daži omi, tad tā ir salīdzināma ar ampērmetra pretestību un tā ir jāņem vērā slēgumā E2, tātad precīzāku rezultātu varēs iegūt, veicot mērījumus, ja mērierīces tiks saslēgtas kā slēgumā **E1**.

B Ja patērētāja pretestība R ir daži kiloomi, tad tā ir salīdzināma ar voltmetra pretestību un tā ir jāņem vērā slēgumā E1, tātad precīzāku rezultātu varēs iegūt, veicot mērījumus, ja mērierīces tiks saslēgtas kā slēgumā **E2**.

3.

A Uzvedinošs jautājums:

– Kurā slēgumā voltmetrs mēra slēgumam kopējo pielikto spriegumu?

E2: U_2 = ***U* = 12 V**, tā kā abiem slēgumiem tika pieslēgti vienādi spriegumi, tad E1: ***U* = 12 V**

B Zinot, ka kopējais spriegums, kas pieslēgts slēgumam ir U = 12 V, var noteikt spriegumu, kas slēgumā E1 pielikts ampērmetram: $U_A = U - U_1 = 12 - 9{,}6 = 2{,}4$ V

Ampērmetra pretestība: $R_A = U_A/I_1 = 2{,}4/0{,}012 =$ **200 Ω**

C

E2: Var noteikt kopējo pretestību virknes slēgumam $R_K = U_2/I_2 = 12/0{,}01 = 1200$ Ω

E2: Patērētāja R pretestība $R = R_K - R_A = 1200 - 200 =$ **1 kΩ**

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kādu likumsakarību izmantojot var noteikt strāvas stiprumu ķēdes posmā?

– Kā mainās virknes slēguma kopējā pretestība, ja virknes slēgumā samazina patērētāju skaitu?

Strāvas stiprums pēc Oma likuma ķēdes posmam $I = U/R_k$ Ja no slēguma atslēgs ampērmetru, tad slēguma kopējā pretestība būs mazāka, bet, tā kā būs pieslēgts tas pats spriegums, tad strāvas stiprums **palielināsies**.

E Uzvedinoši jautājumi:
– Kādu likumsakarību izmantojot var noteikt strāvas stiprumu ķēdes posmā?
– Kā mainās paralēlslēguma kopējā pretestība, ja paralēlslēgumā samazina patērētāju skaitu?

Strāvas stiprums pēc Oma likuma ķēdes posmam $I = U/R_k$
Voltmetrs ar rezistoru ir saslēgti paralēli. Paralēlslēguma kopējā pretestība ir mazāka nekā voltmetra vai rezistora pretestība. Ja no slēguma atslēgs voltmetru, tad slēguma kopējā pretestība palielināsies, bet strāvas stiprums līdz ar to nedaudz **samazināsies**.

Skaidrojums par uzdevumu:
Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par elektriskajām ķēdēm – virknes un paralēlo slēgumu:

- Strāvas stipruma mērīšana (1B, 1C, 2. jautājums), sprieguma mērīšana (1B, 1C, 1D, 2.), Oma likums ķēdes posmam (1C, 1D, 3B, 3C, 3D, 3E), patērētāju virknes slēguma raksturlielumi un sakarības starp tiem (2., 3A, 3B, 3C, 3D), patērētāju paralēlslēguma raksturlielumi un sakarības starp tiem (2., 3A, 3E).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (1., 2., 3A, 3D, 3E);
- pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (3C);
- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (3B, 3C);
- skaidrot procesus, lietojot fizikālos modeļus (2.);
- veikt aprēķinus (3B, 3C).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt, veikt vienkāršu darbību – 1A un 1B jautājums;
- aprakstīt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1C, 1D, 3B un 3C jautājums;
- salīdzināt, skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – 3A, 3D un 3E jautājums;
- izvērtēt, vispārināt – 2. jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par elektriskajām ķēdēm – par patērētāju virknes un paralēlo slēgumu, kā arī strāvas stipruma, sprieguma un pretestības saistību šajos slēgumos. Skolēnam jāprot modelēt situācijas, kā mainās slēguma raksturlielumi, ja tiek mainīts slēguma veids vai ja mainās atsevišķa elementa (patērētāja vai mērierīces) raksturlielumi.

10. klase

N2019-10-1. FUTBOLA TRENIŅŠ

1.
A Atbildi nolasa no grafika (155. att.), redzot kā mainās Alekša ātrums laikā**: pirmo 8 s laikā – vienmērīgi paātrināti, pēc tam vienmērīgi**.

B Atbildi nolasa no grafika (155. att.), redzot, ka Bruno ātrums sākumā ir lielāks nekā Alekša ātrums: **kādu laiku priekšā atrodas Bruno, pēc tam – Alekss.**

C No grafika (155. att.) nosaka, ka laikā t = 10 s Bruno ātrums ir 5 m/s, bet Aleksa ātrums ir 7 m/s, tātad relatīvais kustības ātrums vienam attiecībā pret otru ir **2 m/s** un tas atlikušajā skrējiena laikā nemainās.

2.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels ir Aleksa un Bruno paātrinājums posmā, kamēr mainās katra spēlētāja ātrums?

– Cik lielu attālumu katrs no spēlētājiem veiks paātrinātas kustības laikā? Vari salīdzināt laukumus zem ātruma grafika!

– Cik tālu katram spēlētājam jānoskrien līdz bumbai?

No grafika (155. att.) var noteikt katra spēlētāja paātrinājumu posmā, kad spēlētāji kustas paātrināti.

Alekss: $a_A = \Delta v_A / t_A = 7 / 8 = 0{,}875$ m/s^2

Bruno: $a_B = \Delta v_B / t_B = 5 / 4 = 1{,}25$ m/s^2

Paātrinātas kustības laikā katrs spēlētājs veiks attālumu:

$s_{A1} = a_A t_A^2/2 = 0{,}875 \cdot 8^2/2 = 28$ m

$s_{B1} = a_B t_B^2/2 = 1{,}25 \cdot 4^2/2 = 10$ m

Tātad Bruno bumbu var sasniegt jau paātrinātās kustības posma beigās (t = 4 s), jo līdz bumbai viņam ir jānoskrien 10 m (sākotnējais attālums starp spēlētājiem L = 20 m, tātad sākotnējais attālums līdz bumbai 20 m/2 = 10 m). Kā redzams no grafika (155. att.), pirmās 5 sekundes Bruno kustas ātrāk nekā Alekss un laikā t = 4 s Bruno ir veicis garāku ceļu nekā Alekss (var salīdzināt laukumu zem ātruma grafika), tātad pirmais bumbu sasniegs **Bruno**.

B Ja attālums starp spēlētājiem sākumā ir 80 m, tad attālums līdz bumbai ir 40 m. Zinot, cik lielu attālumu katrs spēlētājs veic paātrinātas kustības posmā (skat. 2A risinājumu), var noteikt, cik liels attālums līdz bumbai vēl ir jāveic katram spēlētājam kustoties vienmērīgi.

$s_{A2} = 40 - 28 = 12$ m

$s_{B2} = 40 - 10 = 30$ m

Laiks, kas nepieciešams, lai veiktu atlikušo attālumu:

$t_{A2} = s_{A2} / v_A = 12 / 7 = 1{,}7$ s

$t_{B2} = s_{B2} / v_B = 30 / 5 = 6{,}0$ s

Laiks, kas nepieciešams katram spēlētājam, lai tiktu līdz bumbai, veicot 40 m attālumu:

$t_{A3} = 8 + 1{,}7 = 9{,}7$ s

$t_{B3} = 4 + 6 = 10$ s

Tātad bumbu pirmais sasniegs **Alekss**.

C Uzvedinoši jautājumi:

– Apskati kustību atskaites sistēmā, kas vienmērīgi kustās kopā ar bumbu! Kā mainās kustības attālums no katra spēlētāja līdz bumbai atkarībā no laika? Uzraksti izteiksmes, kas to apraksta!

– Cik ilgs laiks nepieciešams Aleksim, lai nokļūtu līdz bumbai? Izmanto sastādīto izteiksmi! Cik lielu attālumu šajā laikā veiks Bruno?

Apskatīsim kustību atskaites sistēmā, kas vienmērīgi kustas kopā ar bumbu. Šajā atskaites sistēmā spēlētāju sākuma ātrumi ir $v_{A0} = 0{,}5$ m/s (bumba tuvojas Aleksam) un $v_{B0} = -0{,}5$ m/s (bumba attālinās no Bruno). Tad kustības attālumus no katra spēlētāja līdz bumbai atkarībā no laika var izteikt kā

$s_A = v_{A0}t + a_A t^2/2$ (1)
$s_B = v_{B0}t + a_B t^2/2$ (2)

Atrisinot vienādojumu (1) attiecībā pret t un, zinot, ka sākuma attālums no Aleksa līdz bumbai bija $s_A = 10$ m, un Aleksa paātrinājumu $a_A = 0{,}875$ m/s^2 (nosaka no grafika, skat 2A risinājumu), atrod laiku, kas nepieciešams Aleksam, lai tiktu līdz bumbai.

$$t_{A4} = \frac{-v_{A0} + \sqrt{v_{A0}^2 + 4\frac{a_A}{2}s_A}}{2\frac{a_A}{2}} = \frac{-0{,}5 + \sqrt{0{,}5^2 + 2 \cdot 0{,}875 \cdot 10}}{0{,}875} = 4{,}2 \text{ s}$$

Šajā laikā Bruno ar paātrinājumu $a_B = 1{,}25$ m/s^2 (nosaka no grafika, skat 2A risinājumu), atskaites sistēmā, kas kustas kopā ar bumbu veiks tikai

$s_B = v_{B0}t + a_B t^2/2 = -0{,}5 \cdot 4{,}2 + 1{,}25 \cdot 4{,}2^2/2 = 9{,}0$ m.

Tātad, bumbu pirmais sasniegs **Alekss**.

D Kā redzams no grafika (155. att.), pirmās 5 sekundes Bruno kustas ātrāk par Aleksu, tāpēc pirmais bumbu sasniegs **Bruno**.

3. No grafika (155. att.) var noteikt, cik lielu attālumu, katrs no spēlētājiem veiks kustoties paātrināti.
Alekss: $s_{A1} = 8 \cdot 7 / 2 = 28$ m
Bruno: $s_{B1} = 4 \cdot 5 / 2 = 10$ m

Katra spēlētāja attālums līdz uzbrukuma zonai laika momentā, kad spēlētājs sāk kustēties vienmērīgi.
$s_{A5} = 60 - 28 = 32$ m
$s_{B5} = 60 - 10 = 50$ m

Laiks, kas nepieciešams katram spēlētājam, lai vienmērīgi kustoties noskrietu atlikušo ceļa posmu:
$t_{A5} = s_{A5} / v_A = 32 / 7 = 4{,}6$ s
$t_{b5} = s_{A5} / v_B = 50 / 5 = 10$ s

Katram spēlētājam nepieciešamais laiks, lai nokļūtu no aizsardzības līdz uzbrukuma zonai, veicot 60 m attālumu:
$t_{A6} = 8 + 4{,}6 =$ **12,6 s**
$t_{B6} = 4 + 10 =$ **14 s**

4.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda ir trajektorijas forma, kas apraksta īsāko ceļu starp diviem punktiem?

– Kurš no spēlētājiem kustības sākumā pārvietojas ātrāk? (skat. 2A jautājuma risinājumu)

– Cik gara ir trajektorija Nr. 5?

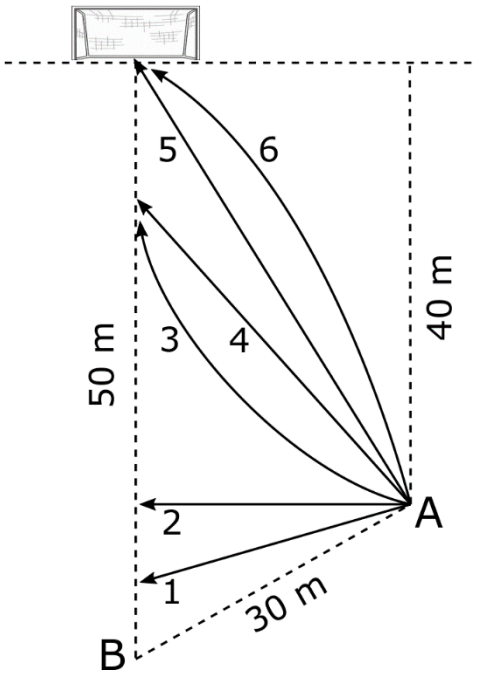
– Kurš no spēlētājiem noskrien ātrāk attālumus, kas garāki par 40 metriem? (skat. 2B jautājuma risinājumu)

Trajektorijas 3 un 6 neder, tās ir liektas līnijas, bet visīsākais ceļš starp diviem punktiem ir taisnas līnijas nogrieznis (skat. 362. att.).

Trajektorijas 1 un 2 neder, jo zināms (skat. risinājumu 2A), ka Bruno 10 m var noskriet ātrāk par Aleksu.

Trajektorijas 5 garums

$s_5 = \sqrt{40^2 + s_2^2} = 49$ m



362. att.

Zināms, ka attālumus, kas lielāki par 40 m, Alekss noskrien ātrāk par Bruno (skat. risinājumu 2B). Tāpēc skrējiens pa 5. trajektoriju nebūs optimāls, jo pie vārtiem būs jāgaida.

Optimālā līdz ar to būs **4.** trajektorija.

B Koordinātas maiņu laikā nosaka vienādojums $x = x_0 + v_{B0}t + a_B t^2/2$.

Līdz ar to Bruno attālums kustības pirmajās 4 sekundēs, kad viņš sāk skriet paātrināti ar paātrinajumu $a_B = 1{,}25$ m/s^2 vārtu virzienā, mainās atbilstoši vienādojumam

$x = 50 - 0t - 0{,}625\ t^2$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds ir Aleksa veiktais attālums līdz satikšanās brīdim?

– Kāds ir Aleksa kopējais kustības laiks līdz satikšanās brīdim? Atceries, ka daļu ceļa viņš veic vienmērīgi paātrināti, bet daļu ceļa – vienmērīgi!

– Kāds ir Bruno veiktais attālums līdz satikšanās brīdim?

– Kāds ir Bruno kopējais kustības laiks līdz satikšanās brīdim? Atceries, ka daļu ceļa viņš veic vienmērīgi paātrināti, bet daļu ceļa – vienmērīgi!

Uzvedinoši padomi:

– Kopš kustības sākuma – gan Aleksis, gan Bruno būs patērējis tikpat daudz laika līdz satikšanās brīdim!

– Izmanto zīmējumu ar optimālo trajektoriju un uzzīmē, katra spēlētāja trajektoriju līdz satikšanās brīdim!

– Izmanto Pitagora teorēmu, lai noteiktu katra spēlētāja veikto attālumu līdz satikšanās brīdim!

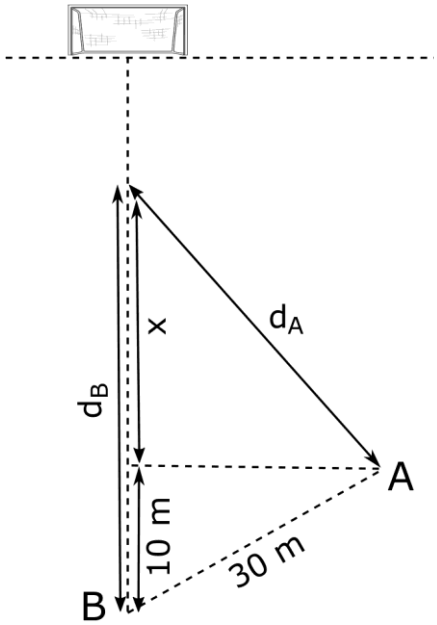
Aleksa veiktais attālums līdz satikšanās brīdim $d_A = s_{A1} + v_A \cdot t_{A2}$.

Laiks, ko Alekss patērē skrienot vienmērīgi $t_{A2} = (d_A - s_{A1})/v_A = (d_A - 28)/7 = d_A/7 - 4$
Kopējais Aleksa kustības laiks: $t_A = t_{A1} + t_{A2} = 8 + d_A/7 - 4 = 4 + d_A/7$ (3)

Bruno veiktais attālums līdz satikšanās brīdim $d_B = s_{B1} + v_B \cdot t_{B2}$.
Laiks, ko Bruno patērē skrienot vienmērīgi $t_{B2} = (d_B - s_{B1})/v_B = (d_B - 10)/5 = d_B/5 - 2$
Kopējais Bruno kustības laiks: $t_B = t_{B1} + t_{B2} = 4 + d_B/5 - 2 = 2 + d_B/5$

Satikšanās brīdī $t_A = t_B$, t. i. $4 + d_A/7 = 2 + d_B/5 \Rightarrow (28 + d_A)/7 = (10 + d_B)/5 \Rightarrow 140 + 5d_A = 70 + 7d_B \Rightarrow 5d_A - 7d_B + 70 = 0$ (4)

Ar x apzīmēsim attālumu, ko Bruno veic vienmērīgi – pēc paātrinātās kustības posma beigām (skat. 363. attēlu) $d_B = 10 + x$, kur $x = d_B - 10$. (5)



363. att.

Pēc Pitagora teorēmas $d_A^2 = x^2 + (30^2 - 10^2) = x^2 + 800$
Ievietojam x vietā iepriekš iegūto izteiksmi (5)

$d_A^2 = (d_B - 10)^2 + 800$
$d_A^2 = d_B^2 - 20d_B + 100 + 800$
$d_A^2 - d_B^2 + 20d_B - 900 = 0$ (6)

No (4) izteiksmes izsaka d_B un ievietojot izteiksmē (6), iegūstam

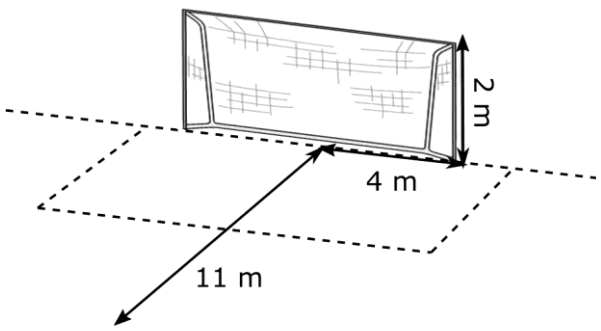
$d_A^2 - 25/49\ d_A^2 - 100/7\ d_A - 100 + 100/7\ d_A + 200 - 900 = 0$
$d_A =$ **40,4 m**

Ievietojot d_A izteiksmē (3), iegūstam $\mathbf{t_A = 4 + 40{,}4/7 = 9{,}8}$ **s**

5. Bumbas trajektorija ir taisnstūrveida paralēlskaldņa diagonāle, kura šķautņu garumi ir 11 m, 4 m (jo spēlētājs stāv centrā attiecībā pret vārtiem) un 2 m (364. att.). Tās garums

$$d = \sqrt{11^2 + 4^2 + 2^2} = 11{,}9 \text{ m}$$

Lai bumba veiktu šo attālumu ātrāk nekā 1,2 sekundēs, tās ātrumam ir jābūt lielākam par
$v = d/t = 11{,}9 / 1{,}2 =$ **9,92 m/s**



364. att.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par vienmērīgu un vienmērīgi paātrinātu kustību:

- Vienmērīgas un vienmērīgi paātrinātas kustības ātruma grafiki (1A, 1B, 1C jautājumi), paātrinājums (2A), pārvietojums paātrinātā kustībā (2A, 2B, 2C, 3.), pārvietojums vienmērīgā kustībā (3., 4C, 5.), trajektorija (4A, 5.), koordināta vienmērīgi paātrinātā kustībā (4B).

- Kustīga atskaites sistēma (2C), Pitagora teorēma (4C, 5.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.
- aprakstīt kustību, izmantojot kustības raksturlielumus (2A, 2B, 2C, 3., 4B, 4C, 5.);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (2C, 4C);
- analizēt fizikāla rakstura informāciju tekstā (4A);
- nolasīt datus no grafika (1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 2C, 2D, 3., 4B);
- analizēt fizikālā procesa grafiku (2A, 2C);
- izdarīt secinājumus, pamatojoties uz problēmas risinājumā iegūtajiem datiem (4A);
- veikt aprēķinus (1C, 2A, 2B, 2C, 3., 4C, 5.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- identificēt, veikt vienkāršu darbību – 1A, 1B un 2D jautājums;
- aprakstīt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1C, 2B, 3., 4B, un 5. jautājums;
- salīdzināt, skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – 2A, 2C, 4A un 4C jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par vienmērīgas un vienmērīgi paātrinātas kustības raksturlielumiem un tos saistošajām likumsakarībām. Lai nonāktu līdz atbildēm, uzdevumā ir jāsalīdzina spēlētāju veiktie ātrumi un pārvietojumi pie dažādiem nosacījumiem. Skolēnam jādemonstrē prasme analizēt procesu grafikus, nolasīt no tiem datus – gan noteiktas vērtības, gan aprēķināt veikto ceļu kā laukumu zem ātruma grafika. Skolēnam jāprot aprakstīt kustību izmantojot atbilstošās sakarības, izteikt fizikālos lielumus, apvienojot vairākas sakarības, veikt aprēķinus.

N2019-10-2. ARHIMĒDS

ZELTA KRONIS

1.

A Kroņa tilpums ir vienāds ar izspiestā ūdens tilpumu: $V_k = V = \pi r^2 \Delta h = 3{,}14 \cdot 15^2 \cdot 0{,}06 =$ **42,4 cm³**

Kroņa blīvums: $\rho_k = \frac{m_k}{V_k} = \frac{0{,}6}{42{,}4 \cdot 10^{-6}} =$ **14 151** $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

B $m_k = m_s + m_z$ un $V_k = V_s + V_z$

$$m_s = m_k - m_z = m_k - \rho_z V_z = m_k - \rho_z (V_k - V_s) = m_k - \rho_z \left(V_k - \frac{m_s}{\rho_s} \right)$$

No kurienes izsaka

$$m_s = \frac{m_k - \rho_z V_k}{1 - \frac{\rho_z}{\rho_s}} = \frac{600 - 19{,}3 \cdot 35}{1 - \frac{19{,}3}{10{,}5}} = \mathbf{90\ g}$$

2.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda ir kroņa masa salīdzinājumā ar zelta stieņu masu, kas tika uzlikti uz svariem?

– Kāds ir kroņa materiāla blīvums salīdzinājumā ar zelta stieņu blīvumu?

– Kas aizņem lielāku tilpumu – kronis vai zelta stieņi? Atceries, ka svari tika nolīdzsvaroti!

Gan kroņa, gan stieņu masas ir vienādas, bet kroņa blīvums sudraba piejaukuma dēļ ir mazāks, tādēļ tam ir lielāks tilpums un uz kroni darbojas lielāks Arhimēda spēks, **tāpēc svari sasvērsies zelta stieņu virzienā.**

Pieņemsim, ka 30% no kroņa masas ir aizvietota ar sudrabu un kronis tiek nolīdzsvarots uz svariem ar m_{zs} = 700 g zelta stieņu. Tad šī konstrukcija tiek pilnībā iemērkta ūdenī. Salīdzinot Arhimēda un smaguma spēkus, kas darbojas uz kroni un zelta stieņiem, iespējams noteikt, uz kuri pusi sasvērsies svari, un tas, savukārt, parāda, vai kronī ir mazāk blīvi piejaukumi vai nav.

B

$$F_{sm} = m_k g = m_{zs} g = 0{,}7 \cdot 9{,}8 = \mathbf{6{,}9\ N}$$

C

$$F_{A1} = \rho_{ūd} g V_k = \rho_{ūd} g (V_z + V_s) = \rho_{ūd} g \left(\frac{m_z}{\rho_z} + \frac{m_s}{\rho_s}\right) = \rho_{ūd} g \left(0{,}7\frac{m_{zs}}{\rho_z} + 0{,}3\frac{m_{zs}}{\rho_s}\right)$$

$$F_{A1} = 1000 \cdot 9{,}8 \left(0{,}7 \cdot \frac{0{,}7}{19300} + 0{,}3 \cdot \frac{0{,}7}{10500}\right) = \mathbf{0{,}44\ N}$$

D

$$F_{A2} = \rho_{ūd} g V_{zs} = \rho_{ūd} g \frac{m_{zs}}{\rho_z} = 1000 \cdot 9{,}8 \cdot \frac{0{,}7}{19300} = \mathbf{0{,}36\ N}$$

KUĢIS

3.

A Lai kuģi izkustinātu, ir jāpārvar miera berzes spēks

$$F_k = F_b = \mu F_r = \mu m_k g = 0{,}5 \cdot 500000 \cdot 9{,}8 = \mathbf{2{,}45\ MN}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kā trīšu sistēmai pieliktais spēks ir saistīts ar kuģa izkustināšanai nepieciešamo spēku?

– Cik lielu spēku Arhimēds grasījās pielikt trīšu sistēmai?

– Cik reižu kuģa izkustināšanai pieliktais spēks ir lielāks nekā spēks, ko Arhimēda plānojis pielikt trīšu sistēmai?

Ņemot vērā, ka trīšu sistēmas spēks kuģim tiek pielikts leņķī α

$$F_k = F_{tr} cos\alpha, \text{ no kurienes } F_{tr} = \frac{F_k}{\cos\alpha}$$

Minimālais spēka ieguvums, ņemot vērā, ka Arhimēds negrasās pielikt trīšu sistēmai vairāk par 200 N lielu spēku.

$$n_{min} = \frac{F_{trīsis}}{F_{Arh}} = \frac{F_k}{F_{Arh} cos\alpha} = \frac{3000000}{200 \cdot cos20^0} = \mathbf{15963}$$

4.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels spēks darbojas uz kasti laika momentā t = 0, ja kaste atrodas līdzsvarā, un pretestības spēki netiek ņemti vērā?

– Kā mainās kastes iegremdētais tilpums, to vienmērīgi ceļot ārā no ūdens?

A un D grafiki (157. att.) neatbilst, jo spēks laikā 0 būs 0 N, jo kaste atrodas līdzsvarā un pretestības spēki netiek ņemti vērā. C grafiks neatbilst, jo kastes iegremdētais tilpums $V = Sh$ ir lineāri atkarīgs no laika pie konstanta ātruma. Apskatīto situāciju attēlo **B** grafiks.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels spēks darbojas uz kuģi laika momentā $t = 0$, ja kuģis atrodas līdzsvarā un pretestības spēki netiek ņemti vērā?

– Kā mainās kuģa iegremdētais tilpums, to vienmērīgi ceļot ārā no ūdens?

A un D grafiki (157. att.) neatbilst, jo spēks laikā 0 būs 0 N, jo kuģis atrodas līdzsvarā un pretestības spēki netiek ņemti vērā. B grafiks neatbilst, jo kuģa iegremdētais tilpums nav lineāri atkarīgs no laika pie konstanta ātruma. Apskatīto situāciju attēlo **C** grafiks.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos par ķermeņu peldēšanu un spēkiem:

- Arhimēda spēks (2A, 2C, 2D, 4A, 4B), blīvums (1A, 1B), smaguma spēks (2A, 2B), berzes spēks (3A), svira (3B), kopspēks (3B), dažādu figūru tilpums (1A, 4A, 4B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskas likumsakarības (1A, 2B, 2C, 2D, 3A);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (1B, 3B);
- veikt analītiskus spriedumus, izmantojot fizikas likumus (2A, 4A, 4B);
- analizēt fizikālo procesu grafikus (4A, 4B);
- analizēt fizikāla rakstura informāciju tekstā (3B);
- pārveidot mērvienības (1A, 2B, 2C, 2D, 3A);
- veikt aprēķinus (1A, 1B, 2B, 2C, 2D, 3A, 3B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt, veikt vienkāršu darbību – 2B jautājums;
- aprakstīt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1A, 1B, 2C, 2D, 3A jautājums;
- salīdzināt, skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – 2A, 3B, 4A un 4B jautājums.

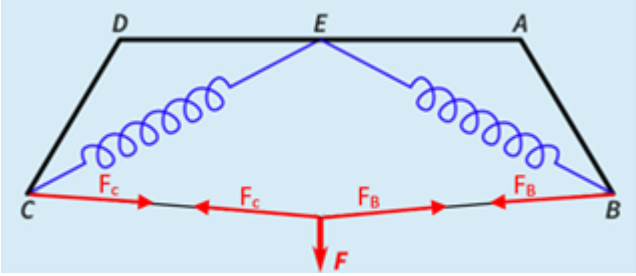
Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par spēku darbību uz ķermeņiem, tajā skaitā par Arhimēda spēku, smaguma spēku un berzes spēku. Lai nonāktu līdz uzdevuma atrisinājumiem, rūpīgi jālasa teksts, jo gandrīz visa informācija, kas nepieciešama, lai nonāktu pie risinājuma ir jau dota jautājumu tekstā.

Skolēnam jādemonstrē prasmes analizēt fizikālo procesu grafikus, pievēršot uzmanību niansēm, kā mainās fizikālais lielums laikā – lineāri vai nē.

N2019-10-3. LOKA ŠAUŠANA

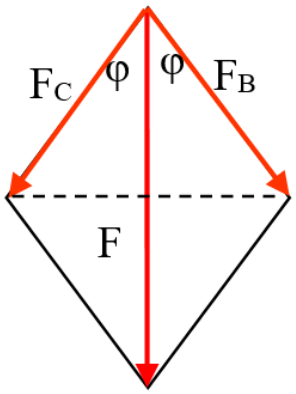
1.

A Spēks būs vērsts pa auklu virzienā uz punktu C (365. att.)



365. att.

B Atbildi var atrast izmantojot to, ka spēku summa līdzsvara gadījumā, kad aukla ir atvilkta, ir $\vec{F}_B + \vec{F}_C = \vec{F}$.



366. att.

Saskaitot vektorus $\vec{F}_B$ un $\vec{F}_C$ pēc paralelograma likuma, veidojas rombs (jo $F_B = F_C$), romba diagonāles krustpunktā veido 90° leņķi. Pēc sakarībām taisnleņķa trijstūrī (366. att.):

$$\frac{\frac{F}{2}}{F_B} = cos\varphi \;\Rightarrow\; F_B = \frac{F}{2cos\varphi}$$

2.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Vai abas atsperes reaģē vienādi, uzvelkot loku?

– Cik gara ir atspere, kad tā nav saspiesta?

– Cik gara ir atspere, kad loks ir atvilkts? Kāds spēks darbojas uz atsperi šajā gadījumā?

Abas atsperes reaģē vienādi, atvelkot loku, tāpēc var apskatīt, kas notiek vienas atsperes gadījumā.

Kad atspere nav saspiesta, tad tās garums ir

$BE_1 = \sqrt{AB^2 + AE^2 - 2AB \cdot AE \cdot cos120^0} = \sqrt{0.3^2 + 0{,}3^2 - 2 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}3 \cdot (-0{,}5)}$ = 0,5196 m

Kad loks ir atvilkts, tad atsperes garums ir

$$BE_2 = \sqrt{AB^2 + AE^2} = \sqrt{0{,}3^2 + 0{,}3^2} = 0{,}4246 \text{ m}$$

Uz atsperi darbojas:

$$F = k\Delta x = k(BE_1 - BE_2) = 100 \cdot (0{,}5196 - 0{,}4246) = \mathbf{9{,}5\ N}$$

B Uzvedinošs jautājums:

– Kādā gadījumā spēks, kas darbojas uz atsperēm ir 0? Izlasi uzdevuma nosacījumus!

Zināms, ka spēks, kas darbojas uz atsperēm ir 0, ja EAB ir 120 grādi – šīm nosacījumam atbilst tikai grafiks **C** (160. att.).

3. $F = k\Delta x$

Spēks ir proporcionāls garumu izmaiņai, kas divreiz palielinot visus garumus, palielināsies 2 reizes, un arī stinguma koeficientam, kas arī palielinās 2 reizes, līdz ar to spēks **palielināsies 4 reizes**.

4.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kura atspere tiks saspiesta mazāk, ja tām būs pielikts vienāds spēks – atspere ar lielāku vai mazāku stinguma koeficientu?

– Kas loka konstrukcijā notur loku nospriegotā stāvoklī?

– Vai ir iespējams šajā loka konstrukcijā atsperes izstiept?

Ja abas atsperes ir saspiestas, tad atsperi ar lielāko stinguma koeficientu pie vienāda spēka saspiedīs mazāk, līdz ar to tā būs garāka.

Savukārt situācija, kur atsperes ir izstieptas, nav iespējama, tāpēc, ka aukla BC ir vienīgais, kas notur loku nospriegotā stāvoklī un to iespējams tikai izstiept un līdz ar to atsperes saspiest.

Tā kā garāka ir atspere **BE** (skat. 161. att.), tad tās stinguma koeficients ir lielāks.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kura atspere izpletīsies mazāk, ja tās ietekmēs vienāda spēka izmaiņa, nomainot loka auklu – atspere ar lielāku vai mazāku stinguma koeficientu? Kuru leņķi tas ietekmē vairāk?

Atspere EC ar lielāko stinguma koeficientu izpletīsies mazāk pie tās pašas spēka izmaiņas, tāpēc arī **leņķa EAB izmaiņa būs lielāka**.

5. **AF un DG izstieptas, EB un EC saspiestas**

To var noteikt, izmantojot doto attēlu (skat. 162. att.).

6. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kāds spēks darbojas uz bultu? Atceries 1B jautājuma risinājumu!

– Aplūko robežgadījumu, kāds ir bultai pieliktais spēks, ja leņķis $\Theta = 0°$?

– Vai bultai pieliktais spēks atkarībā no leņķa Θ mainās lineāri?

Spēks, kas darbojas uz bultu, ir auklas sastiepuma spēku summa (163. att.). Šo spēku x komponentes ir vienāda lieluma, bet pretēji vērstas, līdz ar to tās līdzsvaro viena otru, bet y komponentes ir vienāda lieluma un vienādi vērstas līdz ar to $F_{bultas} = 2F\cos\Theta$ (skatīt 1B jautājuma risinājumu).

Tā ka $\cos 0° = 1$, tad, ja $\Theta = 0°$, tad $F_{bultas} = 2F$ – šīm nosacījumam atbilst grafiki B un H. Starp tiem jāizvēlas variants B, jo funkcijas cos(x) grafiks nav taisne (164. att.).

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par ķermeņu deformācijām:

- Huka likums (2A, 3., 4A, 4B), sastiepuma spēki (1A, 6.).
- Kosinusu teorēma (2A), Pitagora teorēma (2A), trigonometriskās sakarības taisnleņķa trijstūrī (1B, 2A).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (2A);
- veikt analītiskus spriedumus, izmantojot fizikas likumus (1A, 1B, 4A, 4B);
- analizēt fizikālo procesu grafikus (2B, 6.);
- izdarīt secinājumus, pamatojoties uz problēmas risinājumā dotajiem datiem (5., 6.);
- modelēt fizikālos procesus (1A, 4A, 4B, 5., 6.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt – 2B jautājums;
- aprakstīt, veikt darbības pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1A, 1B,, 3. un 5. jautājums;
- salīdzināt, skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt – 2A, 4A, 4B un 6. jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par ķermeņu deformācijām, par Huka likuma darbību. Skolēnam jādemonstrē prasmes modelēt situāciju, izspriest, kas notiks ar atsperēm, ja loku uzvilks, kā to ietekmē atsperes stinguma koeficients un kā mainās bultai pieliktais spēks. Lai nonāktu pie rezultāta, skolēnam jāprot pielietot sakarības taisnleņķa trijstūrī, kosinusu teorēma, kā arī jāprot attēlot spēkus, kas darbojas loka konstrukcijā.

11. klase

N2019-11-1. TERMISKĀ IZPLEŠANĀS DAŽĀDĀS SITUĀCIJĀS

1.

A Ātrums $\mathrm{v} = \frac{L_0}{\tau} = \frac{15}{0{,}8} = 18{,}75\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = \mathbf{67{,}5\ \frac{km}{h}}$

B Temperatūrai paaugstinoties par $\Delta t = t_2 - t_0$, sprauga garums samazinās no d_0 līdz 0. Ja sliedes centrs ir nekustīgs, tad katrs sliedes gals pārvietojas par $d_0/2$, un pilnais sliedes pagarinājums $\Delta L = d_0/2 + d_0/2 = d_0$.

Sliedes garums, mainoties temperatūrai, mainās atbilstoši sakarībai $L = L_0(1 + \alpha\Delta t)$, no kurienes $\Delta L = L - L_0 = L_0\alpha\Delta t$, tāpēc $d_0 = L_0\alpha\Delta t = L_0\alpha(t_2 - t_0) = 15 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot (40 - 20) = 3{,}6 \cdot 10^{-3}$ m = **3,6 mm**

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds likums saista kopā stinguma koeficientu ar pagarinājumu?

– Kā Junga modulis ir saistīts ar mehānisko spriegumu?

Ja ciets ķermenis ir nekustīgi nostiprināts, tad, sasilstot un cenšoties izplesties, tajā rodas ievērojami elastības spēki: $F_E = k\Delta L$

Mehāniskais spriegums: $\sigma = \frac{F_E}{S} = E\varepsilon$. Relatīvais pagarinājums: $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$

Izmantojot sakarības $E\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{F_E}{S} = \frac{k\Delta L}{S}$, iegūstam, ka $k = E\frac{S}{L_0} = 200 \cdot 10^9 \cdot \frac{3000 \cdot 10^{-6}}{15} = \mathbf{4 \cdot 10^7\ \frac{N}{m}}$

D Temperatūrā t_2 spraugas garums d = 0. Lai saglabātu šo sliedes garumu arī pie augstākas temperatūras, ir jāpieliek spēks

$$F = k\Delta L = kL_0\alpha(t_3 - t_2)$$

Mehāniskais spriegums

$$\sigma = \frac{F_E}{S} = \frac{kL_0\alpha(t_3 - t_2)}{S} = \frac{7 \cdot 10^7 \cdot 15 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot (45 - 40)}{3000 \cdot 10^{-6}} = \mathbf{21\ MPa}$$

2.

A Uzvedinoši jautājumi

– Cik liels ir dzīvsudraba tilpuma pieaugums termiskās izplešanās dēļ?

– Kā šo tilpumu var izteikt ar caurulītes ģeometriskiem izmēriem?

Termiskās izplešanās dēļ dzīvsudraba tilpums pieaug par $\Delta V = V_0\beta(t_2 - t_1)$, aizpildot termometra caurulītes tilpumu: $\Delta V = LS = L\pi d^2/4$.

Pielīdzinot abas izteiksmes un, izsakot garumu, iegūst

$$\frac{L\pi d^2}{4} = V_0\beta(t_2 - t_1)$$

$$L = \frac{4V_0\beta(t_2 - t_1)}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 37 \cdot 182 \cdot 10^{-6} \cdot (100 - 0)}{3{,}14 \cdot 0.1^2} = \mathbf{85{,}78\ mm}$$

B

$$\rho = \frac{m}{V_0} = \frac{0{,}5 \cdot 10^{-3}}{37 \cdot 10^{-9}} = \mathbf{13\ 514\ \frac{kg}{m^3}}$$

C Termiskās izplešanās dēļ masa nemainās: m = **0,5 g**

D Uzvedinošs jautājums:

– Kas nosaka ierobežojumu maksimālajai etanola temperatūrai, ko var izmērīt ar doto termometru?

Ja parametri L, V_0 un d nemainās, tad no 2A jautājuma atrisinājumā iegūtās sakarības $\frac{L\pi d^2}{4} = V_0\beta\Delta t$ var secināt, ka $\beta\Delta t = const$ jeb $\Delta t_{spirts} \cdot \beta_{spirts} = \Delta t_{Hg}\beta_{Hg}$ un

$$\Delta t_{spirts} = \frac{\Delta t_{Hg}\beta_{Hg}}{\beta_{spirts}} = \frac{(t_2 - t_1)\beta_{Hg}}{\beta_{spirts}} = \frac{(100 - 0) \cdot 182 \cdot 10^{-6}}{750 \cdot 10^{-6}} = \mathbf{24{,}3\ ℃}$$

Var spriest arī savādāk, izsakot Δt_{spirts} no 2A jautājuma atrisinājumā iegūtās sakarības:

$$\Delta t_{spirts} = \frac{L\pi d^2}{4V_0\beta_{spirts}} = \frac{85{,}78 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}1^2}{4 \cdot 37 \cdot 750 \cdot 10^{-6}} = \mathbf{24{,}3\ ℃}$$

3.

A Termiskās izplešanās gadījumā $L_1 = L_0(1 + \alpha_1\Delta t)$ un $L_2 = L_0(1 + \alpha_2\Delta t)$, tāpēc garumu starpība ir

$$L_2 - L_1 = L_0(\alpha_2 - \alpha_1)\Delta t = 80 \cdot (19 \cdot 10^{-6} - 12 \cdot 10^{-6}) \cdot 120 = \mathbf{0{,}067\ mm}$$

B Apzīmēsim ar R attālumu no riņķa līnijas loka centra līdz 1. plāksnītes viduslīnijai (167. att.). Loka garumu L_1, kura centra leņķis ir φ, ar riņķa līnijas rādiusu saista matemātiskā sakarība:

$L_1 = \frac{\pi R\varphi}{180^0}$, no kurienes $\varphi = \frac{L_1 180^0}{\pi R}$.

Attālums no centra līdz 2. plāksnītes viduslīnijai ir $R + h$, tāpēc $\varphi = \frac{L_2 180^0}{\pi(R+h)}$. Pielīdzinot abas izteiksmes, izsaka rādiusu:

$$\frac{L_1}{R} = \frac{L_2}{R+h} \Rightarrow RL_2 = L_1R + L_1h$$

$$R = \frac{L_1 h}{L_2 - L_1}$$

un atrod leņķi:

$$\varphi = \frac{L_1 180^0}{\pi R} = \frac{L_1 180^0 (L_2 - L_1)}{\pi L_1 h} = \frac{180^0 (L_2 - L_1)}{\pi h} = \frac{180^0 \cdot 0{,}09}{3{,}14 \cdot 0{,}4} = \mathbf{12{,}9^0}$$

Biezuma *h* izmaiņu termiskās izplešanas dēļ var neievērot, jo relatīvā izmaiņa $\Delta h/h = \alpha \Delta t = 0{,}2\%$ ir maza.

Tā kā $L_1 \approx L_0$ (kļūda $\alpha_1 \Delta t$ ir mazāka par 0,2%), liekuma rādiusu var aprēķināt kā

$$R = \frac{L_0 h}{L_2 - L_1} = \frac{80 \cdot 0{,}4}{0{,}09} = \mathbf{356\ mm}$$

Nav arī nozīmes, no kura tieši plāksnītes punkta mēra liekuma rādiusu, jo kļūda $h/R \approx 0{,}1\%$.

C Izliekumu aprēķina no ģeometriskiem apsvērumiem (167. att.):

$$\frac{R - \Delta x}{R} = cos\frac{\varphi}{2}$$

$$\Delta x = R\left(1 - cos\frac{\varphi}{2}\right) = 400 \cdot (1 - cos5^0) = \mathbf{1{,}52\ mm}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Ķermeņu kustība – ceļš, ātrums un laiks vienmērīgā kustībā (jautājums 1A).
- Mijiedarbība un spēki: elastības spēks, Huka likums, absolūtais pagarinājums, mehāniskais spriegums (jautājumi 1C, 1D), Junga modulis, relatīvais pagarinājums (jautājums 1C).
- Vielu siltumīpašības: termiskā izplešanās (jautājumi 1B, 1D, 2A, 2C, 2D, 3A, 3B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1A, 1C, 1D, 2A, 2B);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1C, 2D);
- izmanto un pārveido funkcionālas sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1C, 1D, 2A, 2B, 2D, 3A);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 3B, 3C);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 2A, 3B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificē, veic vienkāršu darbību – jautājumi 1A, 2C;
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1B, 1D, 2B, 3A, 3C;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 1C, 2A, 2D;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – jautājums 3B.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par šķidrumu un cieto vielu termisko izplešanos dažādās situācijās, prasme analizēt tekstu un izvēlēties atbilstošās sakarības, t.sk. matemātiskās un veikt iegūto sakarību matemātiskus pārveidojumus. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības un izteikt lielumus. Jāveic aprēķini, lietojot darbības ar pakāpēm, skaitļa pierakstu normālformā, pielietojot arī matemātikas zināšanas (riņķa laukums, cilindra tilpums, riņķa līnijas loka garums, trigonometriskās sakarības taisnleņķa trijstūrī).

N2019-11-2. KATAPULTAS

1.

A Ja ķermeni izmet leņķī slīpi pret horizontu, tad ātruma projekcija vertikālajā virzienā lidojuma laikā mainās atbilstoši sakarībai $v_y = v_0 \sin\alpha - g t_p$, kur t_p – pacelšanās laiks. Trajektorijas augstākajā punktā $0 = v_0 \sin\alpha - g t_p$.

Tātad $t_p = \frac{v_0 sin\alpha}{g}$. Ja neņem vērā gaisa pretestību, pacelšanās laiks ir vienāds ar krišanas laiku, tātad, pilnais lidojuma laiks $t = 2t_p = \frac{2v_0 sin\alpha}{g} = \frac{2 \cdot 70 \cdot sin30^0}{9{,}8} = \mathbf{7{,}14\ s}$

B Slīpi pret horizontu mesta ķermeņa kustība vertikālā virzienā ir vienmērīgi paātrināta, bet horizontālajā virzienā – vienmērīga ar ātrumu $v_x = v_0 \cos\alpha$.

Laikā t akmens veiktais attālums horizontālā virzienā ir

$$L = v_x t = v_0 t cos\alpha = 70 \cdot 6{,}7 \cdot cos30^0 = \mathbf{406\ m}$$

C Slīpi pret horizontu mesta ķermeņa kustība vertikālā virzienā ir vienmērīgi paātrināta. Vienmērīgi paātrinātas kustības ceļa vienādojuma projekcija vertikālā virzienā ir:

$$h = v_0 t sin\alpha - \frac{gt^2}{2} = 70 \cdot 6{,}7 \cdot 0{,}5 - \frac{9{,}8 \cdot 6{,}7^2}{2} = \mathbf{14{,}5\ m}$$

D Uzvedinoši jautājumi:

– No kā ir atkarīgs lidojuma tālums?

– No kā ir atkarīgs lidojums laiks?

– Kā var iegūt izteiksmi lidojuma tāluma atkarībai tikai no sviešanas leņķa?

Laiks, kas nepieciešams, lai akmens nokļūtu trajektorijas augstākajā punktā (skat. 1A risinājumu):

$$t = \frac{v_0 sin\alpha}{g}$$

Lidojuma tālums (skat. 1B risinājumu): $L = v_0 t cos\alpha$

Apvienojot šīs formulas, iegūst $L = \frac{v_0^2 sin\alpha cos\alpha}{g} = \frac{v_0^2 sin2\alpha}{g}$, kur 2α var mainīties robežās no 10° līdz 70°. Šajās robežās sinuss ir augoša funkcija, tāpēc vislielākais attālums būs, ja $\alpha = \mathbf{35°}$.

2.

A Uzvedinošs jautājums:

– Kādas enerģijas pārvērtības notiek aprakstītajā situācija?

Aplūkosim, kādas enerģijas pārvērtības notiek aprakstītajā situācijā. Katapulta atrodas uzkalna apakšējā punktā, pašas katapultas izmēri netiek ņemti vēra. Izsviešanas brīdī akmenim tiek piešķirta

kinētiskā enerģija, bet trieciena brīdī akmenim piemīt potenciālā un kinētiskā enerģija. Trieciens pret sienu notiek augstumā $h + lsin\beta$ attiecībā pret akmens sākuma pozīciju.

Uzrakstīsim izteiksmi mehāniskās enerģijas nezūdamības likumam:

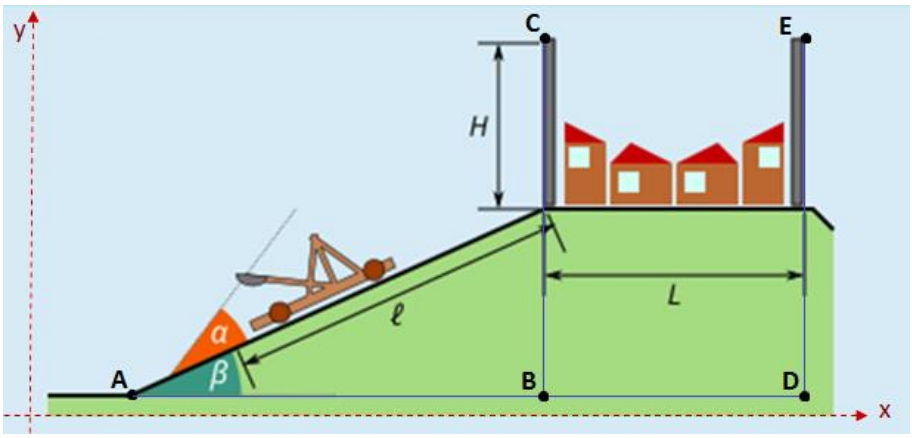
$$\frac{mv^2}{2} = mg(h + lsin\beta) + \frac{mv_1^2}{2}$$

Izsakot no šīs izteiksmes ātrumu v_1, iegūst:

$$v_1 = \sqrt{v^2 - 2g(h + lsin\beta)} = \sqrt{70^2 - 2 \cdot 9{,}8(5 + 230 \cdot sin40^0)} = \mathbf{43{,}6\ \frac{m}{s}}$$

B Uzvedinošs jautājums:

– Kā var noteikt attālumus līdz priekšējai un aizmugurējai sienām no ģeometrijas apsvērumiem un kā no slīpā sviediena kustības likumiem?



367. att.

Lai iegūtu minimālo izmešanas ātrumu, aplūkosim munīcijas nolidotos attālumus līdz cietokšņa priekšējai sienai horizontālajā un vertikālajā virzienos (367. att.):

horizontālajā virzienā (lidojuma tālums) AB = $L = v_{0x}t = v_0 tcos(\alpha + \beta)$

noteikts ģeometriski: AB = $lcos\beta$

vertikālajā virzienā (pacelšanas augstums) BC = $v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = v_0 tsin(\alpha + \beta) - \frac{gt^2}{2}$

noteikts ģeometriski: BC = $lsin\beta$+H

apvienojot sistēmā, iegūst:

$$\begin{cases} lcos\beta = v_0 tcos(\alpha + \beta) \\ lsin\beta + H = v_0 tsin(\alpha + \beta) - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

Izteiksim laiku no pirmā sistēmas vienādojuma $t = \frac{lcos\beta}{v_{0}cos(\alpha+\beta)}$ un ievietosim otrajā vienādojumā:

$$lsin\beta + H = v_0 \cdot \frac{lcos\beta}{v_{0}cos(\alpha+\beta)} \cdot sin(\alpha + \beta) - \frac{gl^2cos^2\beta}{2v_0^2cos^2(\alpha + \beta)}$$

$$\frac{gl^2cos^2\beta}{2v_0^2cos^2(\alpha + \beta)} = lcos\beta tg(\alpha + \beta) - lsin\beta - H$$

$$v_0^2 = \frac{gl^2cos^2\beta}{2cos^2(\alpha + \beta) \cdot (lcos\beta tg(\alpha + \beta) - lsin\beta - H)}$$

var iegūt sakarību, no kuras noteikt minimālo ātrumu:

$$v_{min} = v_0 = \frac{lcos\beta\sqrt{g}}{\cos(\alpha+\beta)\cdot\sqrt{2}\cdot\sqrt{l[tg(\alpha+\beta)cos\beta - sin\beta] - H}}$$

$$v_{min} = \frac{230\cdot cos40^0\cdot\sqrt{9{,}8}}{\cos(20^0+40^0)\cdot\sqrt{2}\cdot\sqrt{230[tg(20^0+40^0)cos40^0 - sin40^0] - 7}} = \mathbf{63{,}7\ \frac{m}{s}}$$

Analogi, lai iegūtu maksimālo izmešanas ātrumu, aplūkosim munīcijas nolidotos attālumus līdz cietokšņa aizmugurējai sienai horizontālajā un vertikālajā virzienos un apvienosim tos sistēmā.

AD = $lcos\beta$ + L, ED = CB = $lsin\beta + H$

$$\begin{cases} lcos\beta + L = v_0 t cos(\alpha+\beta) \\ lsin\beta + H = v_0 t sin(\alpha+\beta) - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

Izteiksim laiku no pirmā sistēmas vienādojuma $t = \frac{lcos\beta+L}{v_0 cos(\alpha+\beta)}$ un ievietosim otrajā vienādojumā, pēc pārveidojumiem iegūstot izteiksmi maksimālā ātruma aprēķināšanai:

$$v_{max} = \frac{(lcos\beta+L)\sqrt{g}}{\cos(\alpha+\beta)\sqrt{2[tg(\alpha+\beta)(lcos\beta+L) - lsin\beta - H]}}$$

$$= \frac{(230\cdot cos40^0 + 60)\cdot\sqrt{9{,}8}}{\cos(20^0+40^0)\cdot\sqrt{2[tg(20^0+40^0)(230cos40^0+60) - 230sin40^0 - 7]}} = \mathbf{65{,}6\ \frac{m}{s}}$$

3.

A **Uzvedinošs jautājums:**

– Kādas enerģijas pārvērtības notiek aprakstītajā situācija?

Izsviešanas brīdī elastīgi deformēta loka potenciālā enerģija pārvēršas akmens kinētiskajā enerģijā:

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{m_1 v_{teor}^2}{2}$$

$$v_{teor} = \sqrt{\frac{kx^2}{m_1}} = \sqrt{\frac{2720000\cdot 0{,}5^2}{30}} = \mathbf{151\ \frac{m}{s}}$$

B Spēku momentu līdzsvars katapultā attiecībā pret rotācijas asi:

$$M + F_s L_1 sin\delta = F_{el} L_2 sin\gamma$$

$$F_s = \frac{kxL_2 sin\gamma - M}{L_1 sin\delta} = \frac{2720000\cdot 0{,}5\cdot 1{,}5\cdot sin60^0 - 180}{2{,}5\cdot sin80^0} = \mathbf{718\ kN}$$

C Impulsa saglabāšanās dēļ

$$m_2 v = m_1 v_0 cos\propto$$

$$v = \frac{m_1 v_0 cos\propto}{m_2} = \frac{30\cdot 70\cdot cos30^0}{800} = \mathbf{2{,}27\ \frac{m}{s}}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Gravitācija un kustība gravitācijas laukā – slīps sviediens (jautājumi 1A, 1B, 1C, 1D, 2B).
- Darbs, enerģija, impulss – virs Zemes pacelta ķermeņa potenciālā enerģija, kinētiskā enerģija (jautājums 2A), elastīgi deformēta ķermeņa potenciālā enerģija (jautājums 3A), enerģijas nezūdamības likums (jautājumi 2A, 3A), ķermeņa impulss, impulsa nezūdamības likums (jautājums 3C).
- Mijiedarbība un spēki – elastības spēks, spēka moments, ķermeņu līdzsvara nosacījums (jautājums 3B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- apraksta kustību, izmantojot kustības raksturlielumus (jautājumi 1A, 1B, 1C, 1D, 2B);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājums 3A);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 2A, 3A, 3B);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (visos jautājumos);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājums 1D, 2B);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājumi 2A, 3A);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 2B, 3B);
- analizē ķermeņu līdzsvara nosacījumus (jautājums 3B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1A, 1B, 1C, 3C;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 1D, 2B, 3A, 3B;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – jautājums 2A.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jādemonstrē prasme pielietot vienmērīgi paātrinātas kustības vienādojumus atbilstoši uzdevumā aprakstītai situācijai, sadalīt ātrumu komponentēs, izmantojot trigonometriskās funkcijas, pielietot enerģijas nezūdamības likumu uzdevumos par ķermeņu kustību.

Skolēnam jāprot izteikt lielumus, sastādīt fizikālo procesu matemātiskos modeļus un veikt iegūto sakarību komplicētus matemātiskus pārveidojumus. Jāveic aprēķini, pielietojot matemātikas zināšanas (vienādojumu sistēmu risināšana, trigonometrija – divkāršā argumenta funkcijas, sin funkcijas augšanas intervāls).

N2019-11-3. ŪDENS IZTVAIKOŠANA ZEMĀ SPIEDIENĀ

1.

A Pie **augsta atmosfēras spiediena** var uzsildīt ūdeni līdz augstākai temperatūrai, līdz tas sāk vārīties (to var redzēt arī fāžu diagrammā 170. attēlā – pie lielāka spiediena pāreja no šķidra gāzveida stāvoklī notiek pie augstākās temperatūras). Šo īpašību izmanto ātrvārāmajos katlos, kuros, lielāka spiediena dēļ, vārīšanās notiek pie augstākas temperatūras, un tāpēc ēdiens tiek pagatavots ātrāk.

B **Izohorisks**, jo trauks ir noslēgts, kas nozīmē, ka nemainās gāzes tilpums.

2. Lai ūdens iekšā šļircē sāktu vārīties, spiedienam iekšā šļircē ir jābūt $p_{vār}$ = 2500 Pa, tādēļ pieliktajam spēkam uz šļirces šķērsgriezuma laukumu ir gandrīz pilnībā jākompensē atmosfēras spiediens:

$$p_{atm} = p_{piel} + p_{vār} = \frac{F_{min}}{S} + p_{vār} = \frac{4F_{min}}{\pi D^2} + p_{vār}$$

$$F_{min} = \frac{(p_{atm} - p_{vār})\pi D^2}{4} = \frac{(100000 - 2500) \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}03^2}{4} = \mathbf{68{,}9\ N}$$

3.

A **Uzvedinošs jautājums:**

– Kā gaisa burbuļa tilpuma pieaugums saistīts ar attālumu, par kuru jāatvelk šļirces virzulis?

Izotermiskā procesā $p_1V_1 = p_2V_2$

Spiediens gaisa burbulī procesa sākumā $p_1 = p_{atm}$, procesa beigās $p_2 = p_{vār}$

$$p_{atm}V_1 = p_{vār}V_2 \quad (1.)$$

Gaisa burbuļa tilpums procesa beigās:

$$V_2 = V_1 + \Delta V = V_1 + Sl = V_1 + \frac{\pi D^2}{4} l$$

kur *l* – attālums, par kādu pārvieto virzuli. Ievietojot iegūto izteiksmi V_2 vietā izotermiskā procesa vienādojumā (1.), iegūst:

$$p_{atm}V_1 = p_{vār}\left(V_1 + \frac{\pi D^2}{4} l\right)$$

$$p_{atm}V_1 = p_{vār}V_1 + \frac{p_{vār}\pi D^2}{4} l$$

$$V_1(p_{atm} - p_{vār}) = \frac{p_{vār}\pi D^2}{4} l$$

$$l = \frac{4V_1(p_{atm} - p_{vār})}{\pi D^2 p_{vār}} = \frac{4 \cdot 1 \cdot 10^{-6}(100000 - 2500)}{3{,}14 \cdot 0{,}03^2 \cdot 2500} = 0{,}00552\ \text{m} = \mathbf{5{,}52\ cm}$$

B Izotermiskajā procesā $p_{atm}V_1 = p_{vār}V_2$

$$V_2 = \frac{p_{atm}V_{g1}}{p_{vār}} = \frac{10^5 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{2500} = 4 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^3 = \mathbf{40\ ml}$$

Var spriest arī savādāk, izmantojot tilpuma aprēķināšanai jautājuma 3A atrisinājumā iegūto sakarību:

$$V_2 = V_1 + \frac{\pi D^2}{4} l = 1 \cdot 10^{-6} + \frac{3{,}14 \cdot 9 \cdot 10^{-4}}{4} \cdot 5{,}52 \cdot 10^{-2} = 1 \cdot 10^{-6} + 39 \cdot 10^{-6} = \mathbf{40\ ml}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kā gaisa burbuļa tilpuma pieaugums saistīts ar attālumu, par kuru jāatvelk šļirces virzulis?

– Kā var izteikt kāpināmo no izteiksmes (kāda ir kāpināšanai pretējā darbība)?

Atbilstoši jautājuma aprakstā dotajam adiabātiskā procesa vienādojumam:

$$p_{atm}V_1^{\gamma} = p_{vār}V_2^{\gamma}$$

$$V_2^{\gamma} = \frac{p_{atm}V_1^{\gamma}}{p_{vār}}$$

$$V_2 = \sqrt[\gamma]{V_1\left(\frac{p_{atm}}{p_{vār}}\right)} = V_1\left(\frac{p_{atm}}{p_{vār}}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

Pēc jautājuma 3A atrisinājumā iegūtās sakarības:

$$V_2 = V_1 + \frac{\pi D^2}{4}l \Rightarrow l = \frac{4(V_2 - V_1)}{\pi D^2}$$

$$l = \frac{4}{\pi D^2}\left[V_1\left(\frac{p_{atm}}{p_{vār}}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - V_1\right] = \frac{4}{\pi D^2}V_1\left[\left(\frac{p_{atm}}{p_{vār}}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1\right] = 1\cdot 10^{-6}\left[\left(\frac{10^5}{2500}\right)^{\frac{1}{1,4}} - 1\right]\cdot\frac{4}{3,14\cdot 0,03^2} =$$

$$= \mathbf{1,83\ cm}$$

D

$$p_{atm}V_1^{\gamma} = p_{vār}V_2^{\gamma}$$

$$V_2 = V_1\left(\frac{p_{atm}}{p_{vār}}\right)^{\frac{1}{\gamma}} = 1\cdot 10^{-6}\left(\frac{10^5}{2500}\right)^{\frac{1}{1,4}} = \mathbf{13,9\ ml}$$

Var spriest arī savādāk, izmantojot tilpuma aprēķināšanai jautājuma 3A atrisinājumā iegūto sakarību:

$$V_2 = V_1 + \frac{\pi D^2}{4}l = 1\cdot 10^{-6} + \frac{3,14\cdot 9\cdot 10^{-4}}{4}\cdot\ 1,83\cdot 10^{-2} = 1\cdot 10^{-6} + 12,9\cdot 10^{-6} = \mathbf{13,9\ ml}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Vielu siltumīpašības – fāžu pārejas, vielas stāvokļa diagramma (jautājums 1A).
- Gāzu likumi – izoparametriskie procesi (jautājums 1B, 3A, 3B, 3C, 3D), spiediens (jautājums 2.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 2., 3A, 3B, 3C, 3D);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājums 3A);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 2., 3A);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 3A, 3B, 3C, 3D);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (shēmas, attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājums 1A).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificē, veic vienkāršu darbību – jautājums 1B;
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1A, 2., 3B, 3D;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 3A, 3B.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jāprot darboties ar kalkulatoru, aprēķinot pakāpes ar daļveida kāpinātāju vērtību (jeb izvilkt n-tās pakāpes sakni no iegūtās skaitliskās vērtības), jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, izteikt lielumus, sastādīt fizikālo procesu matemātiskos modeļus un veikt iegūto sakarību komplicētus matemātiskus pārveidojumus. Jāveic aprēķini, lietojot darbības ar pakāpēm, pielietojot arī matemātikas zināšanas (cilindra tilpums, riņķa laukums, kāpināšanā un n-tās pakāpes saknes izvilkšana).

12. klase

N2019-12-1. GAISMAS SENSORS

1. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kāds ir nosacījums, ka notiek pilnīga iekšējā atstarošanās uz robežvirsmas starp prizmu un rezervuāru?

– Kā šis nosacījums mainās atkarībā no tā vai rezervuārā ir ūdens vai nav?

Pilnīga iekšējā atstarošanās notiek tikai staram cenšoties pāriet no optiski blīvākas vides optiski mazāk blīvā vidē, ja

$$n_r sin \propto > 1, \text{ kur}$$

$$n_r = \frac{n}{n_x}$$

ir vides relatīvais laušanas koeficients (jeb laušanas koeficientu attiecība starp optiski blīvāko vidi un optiski mazāk blīvo vidi (ūdeni vai gaisu)) un α ir leņķis, ko gaismas stars veido ar virsmas normāli. Šinī situācijā α = 45°. Mums ir nepieciešams, lai gaisma atstarojas no gaisa ($n_x = 1$), tāpēc $\boldsymbol{n > \sqrt{2} n_x = 1{,}41}$. Kā arī ir nepieciešams, lai gaisma neatstarojas no ūdens ($n_x = 1{,}33$), tāpēc $\boldsymbol{n < \sqrt{2} n_x = 1{,}88}$.

2. **Uzvedinoši jautājumi:**

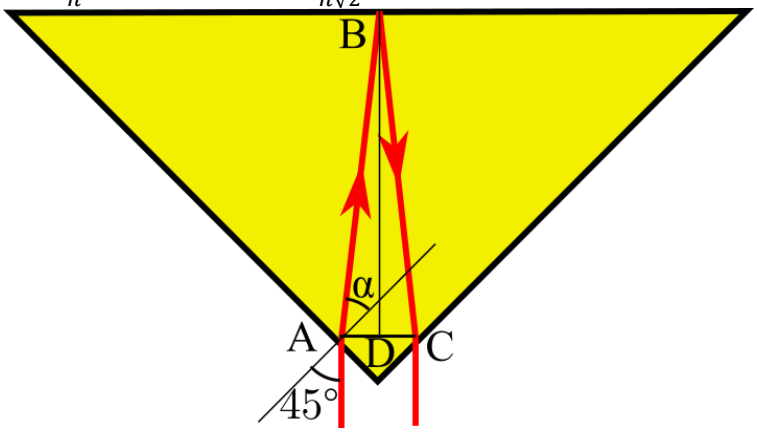
– Kā izmantot atstarošanās likumu uz prizma – rezervuārs robežvirsmas?

– Kā izmantot laušanas likumu uz gaiss – prizma robežvirsmas?

– Kā no ģeometriskiem apsvērumiem šo iegūto leņķi saistīt ar *d* un *h*?

Gaismas laušanas likums uz gaiss – prizma robežvirsmas ir

$n = \frac{\sin 45^o}{\sin \propto}$ jeb $\sin \propto = \frac{\sin 45^0}{n}$ jeb $\propto = \arcsin \frac{1}{n\sqrt{2}} = 28{,}12^0$ (skatīt 368. attēlu).



368. att.

No atstarošanās likuma leņķis ABD ir vienāds ar CBD. Ņemot vērā uzdevumā doto, var secināt, ka ΔABC ir vienādsānu un BD ir šī trīsstūra augstums, kā arī mediāna un bisektrise. Tāpēc

$$AD = DC = \frac{d}{2}$$

No taisnleņķa trīsstūra ADB iegūstam, ka

$$\frac{d}{2} = h \cdot ctg(45^0 + \alpha) \text{ jeb}$$

$$d = 2h \cdot ctg(45^0 + \alpha) = 2 \cdot 0{,}05 \cdot ctg(45^0 + 28{,}12^0) = 0{,}1 \cdot ctg73{,}12^0 = \mathbf{3{,}03\ cm}$$

3.

A Uzvedinošs jautājums:

– Kur krustojas paralēli stari, kad tie ir izgājuši cauri lēcai?

Lēcas fokuss ir attālums līdz punktam, kurā krustojas (fokusējas) paralēli stari, tātad $F = h =$ **6 cm**.

B No 175. attēla redzams, ka h ir puse d jeb $h = \frac{d}{2}$, tāpēc $d = 2h =$ **12 cm**

4.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kā varam saistīt objekta un attēla attālumu lēcā?

– Kur dotajā 176. attēlā varētu būt novietots objekts un kur šī objekta attēls?

Izmantojot lēcas formulu $\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{f}$, iegūstam $F = \frac{hf}{h+f} = \frac{6 \cdot 24}{6+24} = \frac{144}{30} =$ **4,8 cm**

Lēcas formula ir simetriska pret h un f, tāpēc nav svarīgi, kurš ir objekts un kurš objekta attēls. Šajā bildē (176. att.) grūti viennozīmīgi definēt objektu un attēlu, bet staru gaita ir atbilstoša staru gaitai ar objektu un tā attēlu.

B Uzvedinošs jautājums:

– Ar kuru attālumu 177. attēlā vienāds izkliedētājlēcas fokusa attālums?

Izkliedētājlēca paralēlus starus izkliedē tā, ka tie krustotos fokusa attālumā, kā rezultātā varam secināt, ka $\ell + F = f$.

Tātad $\ell = f - F = 24 - 1{,}2 =$ **22,8 cm**

C Uzvedinošs jautājums:

– Kā šeit iespējams izmantot līdzīgus trīsstūrus?

No līdzīgiem trīsstūriem iegūstam, ka

$$\frac{d_0}{f} = \frac{d}{F}$$

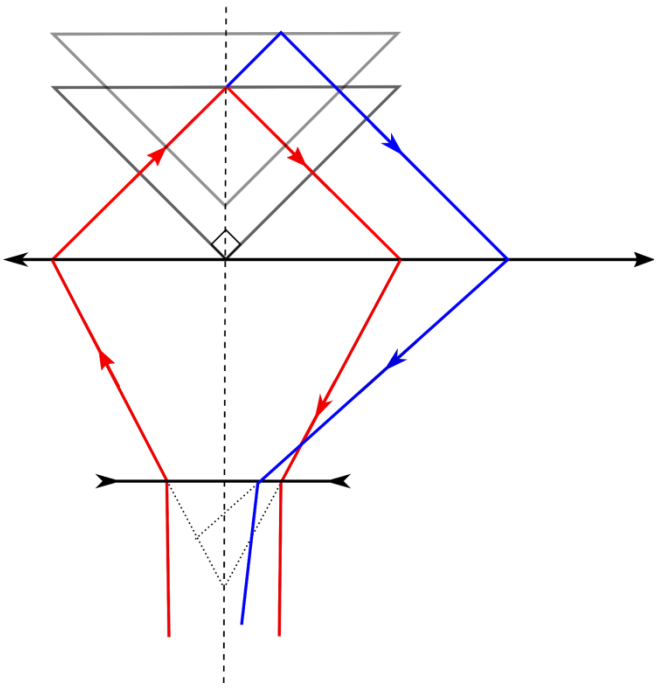
Tātad $d = \frac{d_0}{f} F = \frac{12}{24} \cdot 1{,}2 =$ **0,6 cm**

5.

A Uzvedinošs jautājums:

– Esošajā zīmējumā (177. attēls) uzzīmē prizmu nedaudz nobīdītu pa labi. Kas izmainījās?

Pārvietojot prizmu pa labi, staru gaita neizmainās.



369. att.

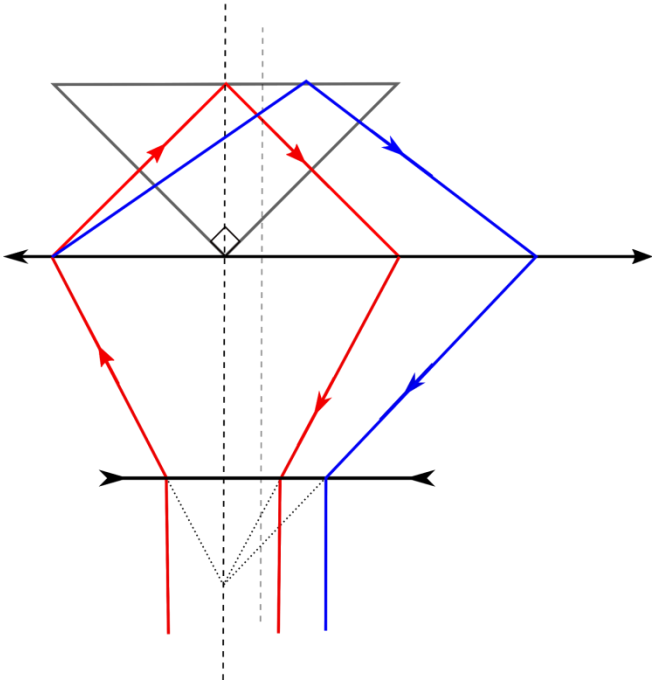
B Uzvedinoši jautājumi:

– Ja par gaismas avotu uzskata punktu, kurā gaismas stars atstarojas no prizmas – rezervuāra robežvirsmas, tad pārvietojot prizmu (kopā ar rezervuāru), kurā virzienā šis punkts (avots) pārvietojas?

– Ja avota vieta savācējlēcā ir pārvietojusies, kurā virzienā pārvietojas attēls, kas veidojas savācējlēcā?

– Uzzīmē staru gaitu līdz izkliedētājlēcai! Vai izkliedētājlēca spēj panākt, ka stari ir paralēli, ja ienākošo staru leņķis ir izmainījies?

Ja stara atstarošanās punktu uzskatīsim par gaismas avotu, tad šinī gadījumā gaismas avots ir pārvietojies nedaudz prom no lēcas un nedaudz pa labi. Zinot, ka savācējlēca, ja objekts atrodas aiz fokusa, dod apgrieztu attēlu, tad avota attēls būs izveidojies nedaudz pa kreisi, kas nozīmē, ka ienākošais stars būs novirzījies nedaudz pa kreisi (skatīt zilo staru 369. attēlā).



370. att.

Kā arī palielinot avota attālumu līdz lēcai, samazinās attēla attālums līdz lēcai. Tāpēc attēls veidojas pirms izkliedētājlēcas fokusa. Rezultātā izkliedētājlēca nespēj pietiekami izkliedēt ienākošo staru (lai tas kļūtu paralēls izejošajam) un starts paliek saejošs.

Var domāt arī šādi:

Iedomāsimies, ka izkliedētājlēca ir uzreiz aiz savācējlēcas. Tādā gadījumā pirms prizmas pārvietošanas stari bija paralēli lēcas vienā pusē, tātad tie krustojas fokālajā plaknē lēcas otrā pusē. Kad pārbīda lēcu, tās vienā pusē stari krustojas nedaudz aiz fokusa, tātad lēcas otrā pusē gaismas stariem arī jākrustojas, kas nozīmē, ka stari ir saejoši.

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kas pārvietojas, pārvietojot lēcu?

– Ja par gaismas avotu uzskata punktu, kurā gaismas stars atstarojas no prizmas – rezervuāra robežvirsmas, tad pārvietojot lēcu pa labi, kurā virzienā šis punkts (avots) pārvietojas?

– Kur veidojas attēli, kas ir vienā plaknē paralēli lēcai?

– Kā vērsti stari, kas iet uz izkliedētājlēcas fokusu, pēc iziešanas no lēcas?

Pārvietojot pa labi savācējlēcu, tās optiskā ass pārvietojas pa labi. Ja stara atstarošanās punktu uzskatīsim par gaismas avotu, tad šinī gadījumā gaismas avots ir pārvietojies nedaudz pa labi un attēls nedaudz pa kreisi, nemainot savu attālumu līdz lēcai.

Ienākošajam staram nonākot līdz izkliedētājlēcai, tas ir novirzījies nedaudz vairāk pa labi, bet joprojām virzienā uz punktu fokālajā plaknē, tāpēc pēc izejas caur izkliedētājlēcu, tas paliek paralēls izejošajam staram, tikai ir nedaudz vairāk novirzījies pa labi nekā sākumā (370. att.).

Īsāk sakot:

1) Visi objekti, kas atrodas vienā plaknē, kas ir paralēla lēcai, veido attēlus vienā plaknē, kas ir paralēla lēcai.

2) Stari, kuri krustojas fokālajā plaknē, pēc iziešanas caur lēcu, kļūst paralēli.

Piebilde: *Ja ņem vērā gaismas laušanu uz gaiss – prizma robežvirsmas, tad papildus vēl nāk klāt "gaismas avota" pārvietošanās uz augšu, jo stari prizmā būs perpendikulārāki prizmas robežvirsmai. Ja ņem vērā gaismas laušanu uz prizmas robežvirsmas, tad stari sanāks nedaudz saejoši.*

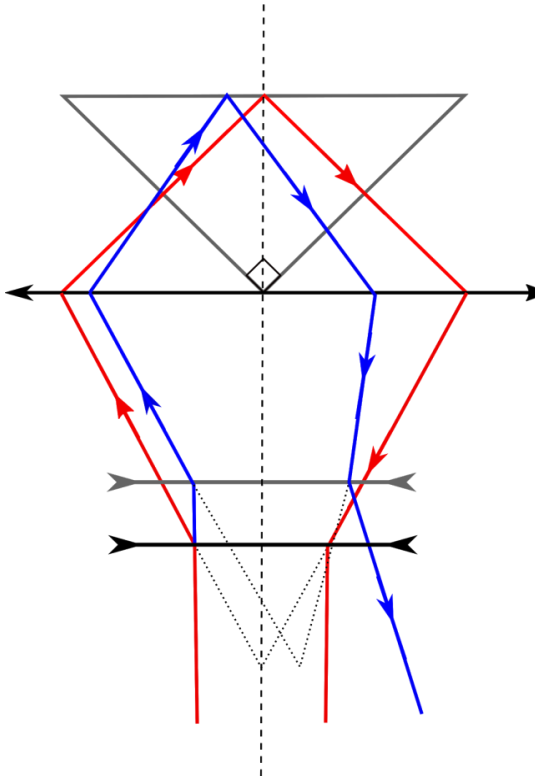
D Uzvedinoši jautājumi:

– Ja pārvieto izkliedētājlēcu uz augšu, kā pārvietojas ienākošais stars? Kur tagad atrodas punkts, kur gaisma atstarojas no prizmas?

– Ja vietu, kur stars atstarojas no prizmas uzskata par gaismas avotu, tad, kur veidojas šī avota attēls savācējlēcā? Vai jaunais izkliedētājlēcas novietojums spēs panākt, ka stari ir paralēli?

Ja stara atstarošanās punktu uzskatīsim par gaismas avotu, tad savācējlēca abos gadījumos (pirms un pēc pārvietošanas) attēlu dod vienā plaknē. Ja izkliedētājlēca ir novietota tuvāk savācējlēcai, tad savācējlēcas radītais attēls atrodas aiz izkliedētājlēcas fokusa, kā rezultātā izkliedētājlēca rada izkliedētus gaismas starus (371. att.).

Piebilde: *Ja ņem vērā gaismas laušanu uz gaiss – prizma robežvirsmas, tad papildus vēl nāk klāt "gaismas avota" pārvietošanās uz leju. Ņemot vērā šo efektu, gaismas stari būs vēl vairāk izkliedēti.*



371. att.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas tēmā – ģeometriskā optika:

- Gaismas laušanas likums un pilnīga iekšējā atstarošanās (jautājumi 1., 2.).
- Staru gaita lēcās (jautājumi 3A, 3B, 4B, 4C, 5A, 5B, 5C, 5D).
- Lēcas formula (jautājumi 4A).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t. sk.

- apraksta fizikālo procesu izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 1., 2., 3., 4.);
- veic matemātiskās darbības ar trigonometriskām funkcijām (jautājums2.);

- lieto vizuālo informāciju fizikālo procesu un likumsakarību pētīšanā (viss uzdevums);
- veic aprēķinus (jautājumi 1., 2., 3B, 4A, 4B, 4C).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- veic vienkāršas darbības – jautājumi 3A, 3B;
- veic darbības pēc algoritma, kombinē atsevišķus elementus – jautājumi 2., 4A, 4B, 4C;
- analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājums 1.;
- izvērtē, vispārina, iztēlojas – jautājumi 5A, 5B, 5C, 5D.

Risinot šo uzdevumu skolēnam ir nepieciešams zināt staru gaitu lēcās, kā arī laušanas likumu. Uzdevuma sākumā tiek pārbaudītas zināšanas par staru gaitu prizmā (jautājumi 1. un 2.), savācējlēcā (jautājums 3.) un izkliedētājlēcā (jautājums 4.). Uzdevuma beigās (jautājums 5.) apvieno visus trīs elementus, kur jāspēj izsekot staru gaitai kompleksā sistēmā. Uzdevumā jāspēj pamanīt, ka vietu, kur notiek gaismas stara atstarošanās var uzskatīt par gaismas "avotu" un pielietot lēcas formulu.

N2019-12-2. BEDRES

1.

A

$$F = \frac{1}{4} \times mg = \frac{1}{4} \cdot 1000 \cdot 9{,}8 = 2450\text{N} = \mathbf{2{,}45\ kN}$$

B

$$\Delta x = \frac{F}{k} = \frac{2450\ \text{N}}{176\ \frac{\text{N}}{\text{cm}}} = \mathbf{13{,}9\ cm}$$

2.

A

v = 50 km/h = 13,9 m/s

$$F = \frac{m\text{v}^2}{R} = \frac{1000 \cdot 13.9^2}{40} = 4830\text{N} = \mathbf{4{,}83\ kN}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– No kā ir atkarīgs mašīnas paātrinājums?

– Vai abām automašīnas pusēm ir vienāds lineārais ātrums?

– Vai abām automašīnas pusēm ir vienāds leņķiskais ātrums?

$$F = ma_c = m\omega^2 R$$

m = const un *ω* = const, tātad *F* ir lielāks, kad *R* ir lielāks. Automašīnas kreisās puses riteņiem ir jāizņem lielāks līkums nekā labās puses riteņiem, tātad uz automašīnas **kreiso** pusi darbojas lielāks centrbēdzes spēks.

C Uzvedinoši jautājumi:

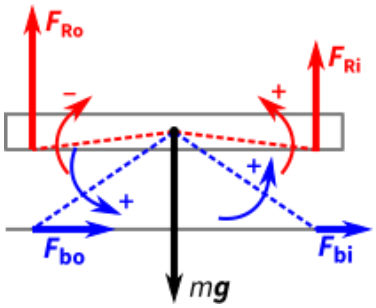
– Kāds ir smaguma spēka pielikšanas punkts?

– Ar ko ir vienāds spēka, kura darbības līnija iet caur smaguma centru, moments?

– Kāds ir miera berzes spēka virziens aprakstītajā situācijā?

Spēki	"+"	"–"	0
• smaguma spēks			x
• berzes spēki, kas darbojas uz automašīnas labās puses riteņiem	x		
• berzes spēki, kas darbojas uz automašīnas kreisās puses riteņiem	x		
• ceļa reakcijas spēki, kas darbojas uz automašīnas labās puses riteņiem	x		
• ceļa reakcijas spēki, kas darbojas uz automašīnas kreisās puses riteņiem		x	

Smaguma spēks ir pielikts mašīnas masas centram, tātad, tā moments ir vienāds ar nulli. Mašīnas kustībā pagriezienā tieši miera stāvokļa berzes spēks ir vērsts uz pagrieziena centru un ir tas spēks, kas maina ātruma virzienu (sk. 372. attēlu). Uz katru riteni darbojas vertikāli uz augšu vērsts balsta reakcijas spēks. Šo spēku radīto momentu zīmes nosaka, ņemot vēra, ka pozitīva zīme atbilst rotācijai pretēji pulksteņrādītāja virzienam.



372. att.

3.

A Mašīnas kustībā pagriezienā tieši miera stāvokļa berzes spēks ir vērsts uz pagrieziena centru un ir tas spēks, kas maina ātruma virzienu, piešķirot mašīnai centrtieces paātrinājumu:

$$\sum F_b = \frac{mv^2}{R} = \mathbf{4,83\ kN}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki darbojas uz automašīnu?

– Kādi spēki kompensē automašīnas smaguma spēku?

– Kādi spēki darbojas horizontālajā virzienā?

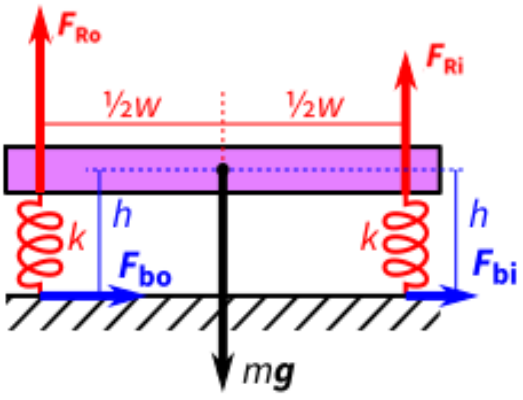
– Kādi spēki darbojas vertikālajā virzienā?

– Kāds ir ķermeņu līdzsvara nosacījums attiecībā pret mašīnas smaguma centru?

Uzrakstīsim otro Ņūtona likumu automašīnas kustībai:

$\overrightarrow{mg} + \overrightarrow{F_b} + \overrightarrow{F_{Ri}} + \overrightarrow{F_{Ro}} = m\overrightarrow{a_c}$,

kur $\overrightarrow{F_{Ri}}$ un $\overrightarrow{F_{Ro}}$ ir atbilstoši kreisajai un labajai automobiļa pusēm pieliktie balsta reakcijas spēki (sk. 373. attēlu).



373. att.

Projicējot vektorus uz asīm un izsakot projekcijas ar moduļiem, iegūst:

uz horizontālās ass: $F_b = \frac{mv^2}{R}$ (1.)

uz vertikālās ass: $mg = F_{Ri} + F_{Ro}$, (2.)

kur balsta reakcijas spēks pēc būtības arī ir atsperes radītais elastības spēks.

Aplūkosim līdzsvara nosacījumu (ķermenis atrodas līdzsvarā, ja visu tam pielikto spēku momentu algebriskā summa ir nulle) attiecībā pret smaguma centru:

$F_{Ri}\frac{w}{2} + F_b h - F_{Ro}\frac{w}{2} = 0$ (3.)

Izsakot F_b no izteiksmes (1.), F_{Ro} no izteiksmes (2.) un ievietojot izteiksmē (3.), iegūst:

$$F_{Ri}\frac{w}{2} + \frac{mv^2 h}{R} - (mg - F_{Ri})\frac{w}{2} = 0 \Rightarrow F_{Ri} = m\left(\frac{g}{2} - \frac{v^2 h}{Rw}\right) = \mathbf{3{,}18\ kN}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels balsta reakcijas spēks darbojas uz automašīnas labās/kreisās puses riteņiem pagriezienā?

– Cik liels elastības spēks rodas labās/kreisās puses atsperēs?

– Kā elastības spēks katrā pusē ir saistīts ar automašīnu augstumu katrā pusē?

Izsakot F_{Ro} no 3B jautājuma atrisinājumā iegūtās sakarības (2.):

$$F_{Ro} = mg - F_{Ri} = 1000 \times 9{,}8 - 3180 = 6620\ \text{N}$$

Pēc Huka likuma:

$$\Delta x = \frac{|F_{Ro} - F_{Ri}|}{k} = \frac{|6620 - 3180|}{176} = \mathbf{19{,}6\ cm}$$

4.

A 3B jautājuma atrisinājumā tika iegūta sakarība elastības spēku kopsummai, kas darbojas uz automašīnas labās puses riteņiem pagriezienā: $F_{Ri} = m\left(\frac{g}{2} - \frac{v^2 h}{Rw}\right)$

Kad iekšējie riteņi atraujas no Zemes, balsta reakcijas spēks ir vienāds ar nulli:

$$F_{Ri} = m\left(\frac{g}{2} - \frac{v^2 h}{R_{max} w}\right) = 0 \Rightarrow \frac{v^2 h}{R_{max} w} = \frac{g}{2}$$

$$R_{max} = \frac{2v^2 h}{gw} = \frac{2 \cdot 13.9^2 \cdot 0{,}5}{9{,}8 \cdot 1{,}40} = \mathbf{14{,}1\ m}$$

B Mašīnai, atrodoties virs bedres, ir jānoliecas prom no bedres, lai riteņi, kas atradīsies virs bedres, tiktu atslogoti. Uzdevumā apskatītā mašīna pagriezienā noliecas uz ārējiem riteņiem, tātad virs bedres stūre ir jāpagriež bedres virzienā.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Ķermeņu kustība – centrtieces paātrinājums (jautājumi 2A, 2B, 3A, 3B, 4A).
- Mijiedarbība un spēki – Ņūtona likumi (jautājumi 1A, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A), smaguma spēks (jautājumi 1A, 2C, 3B), elastības spēks (jautājumi 1A, 1B, 3B), Huka likums (jautājumi 1B, 3C), berzes spēks (jautājumi 2C, 3A, 3B), balsta reakcijas spēks (jautājumi 2C, 3B, 4A), spēka moments (jautājumi 2C, 3B), ķermeņu līdzsvara nosacījums (jautājumi 1B, 3B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1A, 2A, 3B, 3C, 4A);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1A, 2C);
- analizē ķermeņu līdzsvara nosacījumus (jautājumi 1B, 3B);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājumi 1B, 2A, 2B, 3B, 4A);

- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B, 3C, 4A);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 2B, 4A);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (shēmas, attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 2C, 3B, 4B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1A, 1B, 2A, 3A, 4B;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 2B, 2C, 3B, 3C, 4A.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jādemonstrē prasme analizēt spēkus, kas aprakstītajā situācijā darbojas uz ķermeni, norādīt to darbības virzienus. Skolēniem jālieto zināšanas par spēkiem, analizējot ķermeņa līdzsvara nosacījumus, jāspēj uzrakstīt spēku projekcijas uz izvēlētām asīm. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (kustības ātrumu no km/h uz m/s, darboties ar priedēkļiem), izteikt lielumus, sastādīt fizikālo procesu matemātiskos modeļus, analizēt tos (tiešā/apgrieztā proporcionalitāte) un veikt iegūto sakarību matemātiskus pārveidojumus.

N2019-12-3. METĀLU VADĪTSPĒJA

1.

A

$$E = \frac{U}{d} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{0{,}01} = \mathbf{10^{-4}\ \frac{V}{m}}$$

B Elektriskā lauka spēks piešķir elektronam paātrinājumu:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-4}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}} = \mathbf{1{,}76 \cdot 10^{7}\ \frac{m}{s^2}}$$

C Elektrona ātrums starp divām secīgām sadursmēm mainās no nulles līdz maksimālajai vērtībai, tātad ātruma vidējā vērtība būs $v_{vid} = \frac{v - v_0}{2} = \frac{v}{2}$ no kurienes $v = 2v_{vid}$.

Elektriskā lauka spēks piešķir elektronam paātrinājumu: $a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m}$

Paātrinājums laikā starp sadursmēm: $a = \frac{v - v_0}{\tau} = \frac{v}{\tau} = \frac{2v_{vid}}{\tau}$

$$\frac{2v_{vid}}{\tau} = \frac{eE}{m}$$

$$v_{vid} = \frac{eE\tau}{2m} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 10^{-14}}{2 \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31}} = \mathbf{2{,}6 \cdot 10^{-7}\ \frac{m}{s}}$$

D Elektriskais lauks veic darbu, piešķirot elektronam kinētisko enerģiju $W_k = \frac{mv^2}{2}$ =[ja kustība ir vienmērīgi paātrināta bez sākuma ātruma, tad $v = 2v_{vid}$]= $\frac{m(2v_{vid})^2}{2}$

Vidējā jauda: $P = \frac{W_k}{\tau} = \frac{m(2v_{vid})^2}{2\tau} = \frac{2mv_{vid}^2}{\tau} = \frac{2 \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot (10^{-6})^2}{3 \cdot 10^{-14}} = \mathbf{6 \cdot 10^{-29}\ W}$

E Uzvedinoši jautājumi:

– Vai elektriskais lauks starp divām plāksnītēm ir homogēns?

– Vai spriegums starp divām sadursmes punktiem ir vienāds ar spriegumu, kas ir pielikts plaknītei? Un kā ir ar elektriskā lauka intensitāti?

– Kā mainās elektriskā lauka intensitāte plāksnītē, ja pielikto spriegumu palielina divas reizes?

Jaudu, kas izdalās plāksnē, var noteikt pēc sakarības: $P = \frac{W_k}{\tau} = \frac{m(2\mathrm{v}_{vid})^2}{2\tau} = \frac{2m\mathrm{v}_{vid}^2}{\tau}$

Vidējo ātrumu var izteikt ar intensitāti, pielietojot 2. Ņūtona likumu elektrona vienmērīgi paātrinātai kustībai elektriskajā laukā: $F = ma \Rightarrow eE = \frac{m2\mathrm{v}_{vid}}{\tau} \Rightarrow \mathrm{v}_{vid} = \frac{eE\tau}{2m}$

Ievietojot iegūto izteiksmi vidējā ātruma vietā, iegūst sakarību jaudas novērtēšanai:

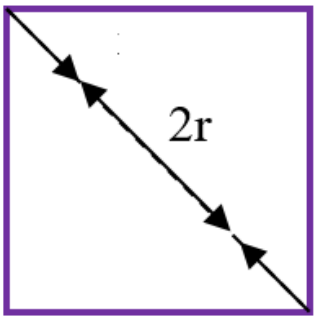
$$P = \frac{2m}{\tau}\left(\frac{eE\tau}{2m}\right)^2 = \frac{e}{2}E^2\tau \sim E^2\tau$$

Divas reizes lielāks *E* un divas reizes mazāks τ dotu **divas reizes lielāku jaudu**.

2.

A Uzvedinošs jautājums:

– Cik gara ir kubiskās skaldnes diagonāle?



374. att.

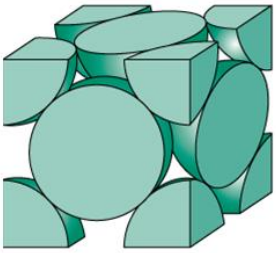
Taisnleņķa trijstūrim, kura abas katetes ir *a*, hipotenūzas garums ir 4*r* (skat. 374. att.):

$$a^2 + a^2 = (4r)^2$$
$$a = r\sqrt{8} = 1{,}3\sqrt{8} = \mathbf{3{,}7\ Å}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Cik vara atomi atrodas vienā kristālrežģa kubiskajā šūnā?

– Cik liels ir vienas šūnas tilpums?



375. att.

Šūnā atrodas 4 vara atomi (skat. 375. att.), tātad kopējais vadītspējas elektronu skaits uz vienu elementāršūnu ir 8.

$$n = \frac{N}{V} = \frac{N}{a^3} = \frac{8}{(3{,}7 \cdot 10^{-10})^3} = \mathbf{1{,}6{\cdot}10^{29}\ \frac{1}{m^3}}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kas ir strāvas stiprums?

– Cik liels elektronu skaits laika periodā Δt izplūdīs caur plāksnītes šķērsgriezumu?

Visi brīvie elektroni materiālā pārvietojas ar vidējo ātrumu v_{vid}, kas nozīmē, ka caur materiāla šķērsgriezumu laika periodā Δt izplūdīs ΔN elektroni:

$$\Delta N = nV = nS\Delta l = nS\mathrm{v}_{vid}\Delta t$$

kur *n* – koncentrācija, S – šķērsgriezuma laukums.

Strāvas stiprums $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\Delta N e}{\Delta t} = nS\mathrm{v}_{vid}e = 6 \cdot 10^{28} \cdot 30 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} = \mathbf{28{,}8\ A}$

Īpatnējo pretestību var izteikt no sakarības

$$R = \frac{\rho d}{S} \Rightarrow \boldsymbol{\rho} = \frac{RS}{d} = \frac{U}{I} \cdot \frac{S}{d} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{28{,}8} \cdot \frac{30 \cdot 10^{-4}}{10^{-2}} = \mathbf{1{,}04 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m}$$

D Izmantosim iepriekšējā jautājuma risinājumā iegūto sakarību elektronu skaita noteikšanai:

$$\Delta N = nS\mathrm{v}_{vid}\Delta t$$

Ja elektronu kustības ātrums būtu divas reizes lielāks, bet elektronu koncentrācija divas reizes mazāka, tad:

$$\Delta N^* = \frac{n}{2} S 2\mathrm{v}_{vid}\Delta t = nS\mathrm{v}_{vid}\Delta t = \Delta N$$

Palielinot kustības ātrumu divas reizes un samazinot divas reizes elektronu koncentrāciju, elektronu skaits, kas laika periodā Δt izplūdīs caur plāksnītes šķērsgriezumu, abos gadījumos **būs vienāds**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Elektriskie lādiņi un elektriskais lauks – elektriskā lauka intensitāte (jautājumi 1A, 1B, 1C, 1E) un spriegums (jautājumi 1A, 1E), elektriskā lauka darbs un jauda (jautājumi 1D, 1E).
- Elektriskā strāva – strāvas stiprums (jautājums 2C), Oma likums ķēdes posmam, īpatnēja pretestība (jautājums 2C).
- Mijiedarbība un spēki – spēks un paātrinājums (jautājumi 1B, 1C).
- Darbs, jauda, enerģija – kinētiskā enerģija (jautājums 1D).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1A, 2B, 2C);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1C, 2B);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 2C);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 1E, 2A, 2B);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (shēmas, attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 2A, 2B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificē, veic vienkāršu darbību – jautājums 1A;
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1B, 1D, 2D;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 1C, 1E, 2A;
- izvērtē, iztēlojas – jautājums 2B.

Šajā uzdevumā parādās vairāki fizikālie lielumi un jēdzieni, kas ir reti sastopami standartuzdevumos, tomēr visiem šiem lielumiem un jēdzieniem tiek piedāvāts skaidrojums uzdevuma aprakstā, tāpēc uzdevuma risināšanai pietiek ar skolas fizikas kursa zināšanām. Skolēniem jāparada prasme uzmanīgi lasīt tekstu, identificējot tajā fizikāli nozīmīgu informāciju, pārveidot un kombinēt formulas, analizēt attēlus, pielietot matemātikas zināšanas (Pitagora teorēma, kuba tilpums) un telpisko iztēli. Jādemonstrē izpratne par elektriskā lauka raksturlielumiem (intensitāte, spriegums) un to savstarpējo sakarību.

9. klase

V2019-9-1. TOUR DE FRANCE

A

A1 Uzvedinoši jautājumi:

– Ar cik lielu ātrumu samazinās attālums starp Tomu un Ivaru (starp pirmo un pēdējo riteņbraucēju)?

– Ar cik lielu ātrumu samazinās attālums starp Ivaru un Raivi?

– Pēc cik ilga laika Ivars panāks Tomu? Cik tālu no viņiem abiem šajā brīdī atrodas Raivis? Uzzīmē, kur katrs no riteņbraucējiem atrodas šajā brīdī!

– Kurā brīdī triju riteņbraucēju kustībā būs īsākais attālums starp pirmo un pēdējo riteņbraucēju? Ņem vērā, ar cik lielu ātrumu kustas katrs riteņbraucējs! Kur šajā momentā kolonā atrodas katrs no riteņbraucējiem?

$v_1 = 16$ m/s
$v_2 = 12$ m/s
$v_3 = 10$ m/s
$L = 60$ m

Sākumā pirmais riteņbraucējs ir Toms, pēdējais Ivars.

- Attālums starp Ivaru un Tomu samazinās ar ātrumu $u = v_1 - v_3 = 16 - 10 = 6$ m/s, t. i. 1,5 reizes ātrāk nekā samazinās attālums starp Ivaru un Raivi: $v_1 - v_2 = 16 - 12 = 4$ m/s.

- Attālums starp Ivaru un Tomu ir $2L$, t. i. 2 reizes lielāks nekā attālums starp Ivaru un Raivi. Ivars, apdzenot Raivi, Tomu panāks pēc laika
$$t = \frac{2L}{u} = \frac{2 \cdot 60}{6} = 20 \text{ s}$$
- Šajā brīdī Ivars un Toms būs priekšā Raivim par attālumu
$$l = v_1 t - (L - v_2 t) = 16 \cdot 20 - (60 + 12 \cdot 20) = 320 - (60 + 240) = 20 \text{ m}$$

- Līdz šim brīdim Ivars un Raivis cenšas panākt Tomu. Tomu apdzenot, attālums starp riteņbraucējiem tikai palielināsies, tātad īsākais attālums starp pirmo un pēdējo riteņbraucēju būs ***l* = 20 m**.

- Šajā brīdī kolonas **priekšgalā būs Ivars un Toms**, bet kolonas **aizmugurē – Raivis**.

A2 Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels attālums būs starp riteņbraucējiem brīdī, kad Ivars panāks Tomu? Kā mainās savstarpējais attālums starp riteņbraucējiem?

Tā kā Raivja un Toma ātrums ir vienāds, tad attālums starp viņiem nesamazināsies, tātad brīdī, kad Ivars panāks Tomu, attālums starp pirmo un pēdējo riteņbraucēju būs **60 m**.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kam tiek patērēta enerģija, kuru iegūst sadedzinot benzīnu? Kādu lietderīgo darbu pastrādā automašīnas dzinējs, patērējot daļu no šīs enerģijas?

– Kas rada automašīnas pretestības spēku kustības laikā, ja gaisa pretestību neņemam vērā?

– Cik lielu minimālo jaudu attīsta automašīnas dzinējs kustības laikā?

– Cik liels ir dzinēja lietderības koeficients, kad dzinējs attīsta minimālo jaudu? Izmanto doto grafiku, lai noteiktu lietderības koeficienta vērtību!

– Cik liels ir automašīnas benzīna patēriņš uz 201 km – kilogramos, litros?

– Cik liels ir automašīnas benzīna patēriņš uz 100 km – litros?

- Sadedzinot benzīnu, automašīnas dzinējs pastrādā darbu pretestības spēku pārvarēšanai. Dzinēja lietderības koeficients:

$$k = \frac{A_{lietd}}{A_{pat}} = \frac{Fl}{Q}$$

- Benzīna sadegšanas siltums $Q = qm$
- Pretestības koeficients – pretestības spēka un automašīnas svara attiecība, no kurienes var noteikt pretestības spēku:

$$\mu = \frac{F}{Mg} \Rightarrow F = \mu Mg$$

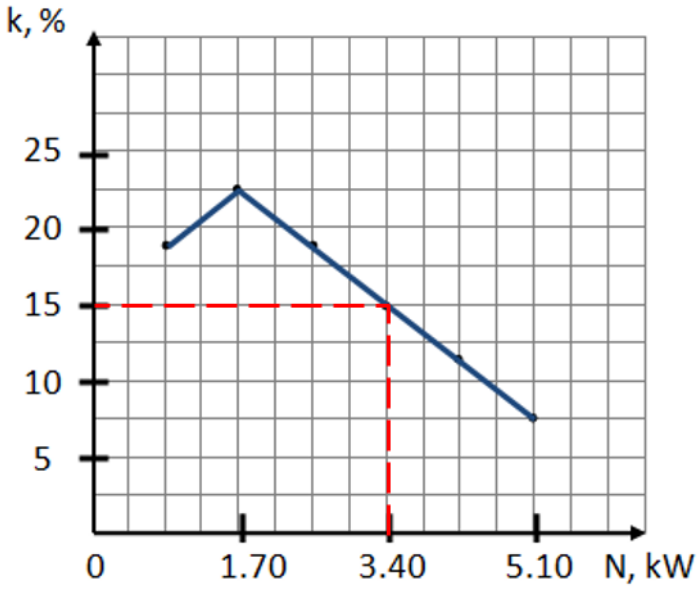
- Apvienojot visas izteiksmes, var noteikt nepieciešamā benzīna masu:

$$k = \frac{\mu Mgl}{qm} \Rightarrow m = \frac{\mu Mgl}{kq}$$

- Lai noteiktu dzinēja lietderības koeficientu *k*, jānoskaidro, cik liela ir minimālā jauda, ko attīsta dzinējs.

$$N = \frac{A_{lietd}}{t} = \frac{Fl}{t} = \frac{\mu Mgl}{t} = \frac{0{,}01 \cdot 2800 \cdot 9{,}8 \cdot 201 \cdot 10^3}{4{,}5 \cdot 3600} = 3405 \text{ W} = 3{,}4 \text{ kW}$$

- No grafika (376. att.) nolasa atbilstošo dzinēja lietderības koeficientu, ja *N* = 3,4 kW.



376. att.

Ja N = 3,4 kW, tad k = 15 %.

- Patērētā benzīna masa uz 201 km:

$$m = \frac{\mu M g l}{k q} = \frac{0{,}01 \cdot 2800 \cdot 9{,}8 \cdot 201 \cdot 10^3}{0{,}15 \cdot 4{,}6 \cdot 10^7} = 7{,}99 \text{ kg}$$

- Benzīna patēriņš litros uz 201 km:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{7{,}99}{0{,}7 \cdot 10^3} = 0{,}0114 \text{ m}^3 = 11{,}4\ l$$

- Benzīna patēriņš uz 100 km:

$$\begin{array}{c} \text{uz } 201 \text{ km patērē } 11{,}4\ l \\ \text{uz } 100 \text{ km patērē x } l \end{array}$$

$$x = \frac{11{,}4 \cdot 100}{201} = \mathbf{5{,}67\ l}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos par vienmērīgu kustību (A jautājums) un par spēkiem, darbu, jaudu un enerģiju (B jautājums):

- kustības relativitāte (A), ātrums (A), pārvietojums (A).
- lietderības koeficients (B), virsmas reakcijas spēks (B), smaguma spēks (B), berzes spēks (B), kurināmā sadegšanas siltums (B), blīvums (B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (A2);
- pārveidot fizikālo lielumu mērvienības (B);
- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskas likumsakarības (A1);
- aprakstīt kustību, izmantojot kustības raksturlielumus (A1);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (B);
- izdarīt secinājumus, pamatojoties uz problēmas risinājumā iegūtajiem datiem (A2);
- nolasīt datus no grafika (B);
- veikt aprēķinus (A1, B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- salīdzināt, skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt, pielietot – visos uzdevuma jautājumos.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par vienmērīgas kustības raksturlielumiem, par kustības relativitāti, kā arī par lietderīgo un patērēto enerģiju aplūkotajā situācijā. Skolēnam jāprot modelēt dažādas situācijas, kā kustās riteņbraucēji un aprakstīt kustību izmantojot atbilstošās sakarības, izteikt fizikālos lielumus, apvienojot vairākas sakarības – sasaistot automašīnas lietderības koeficientu ar pretestības koeficientu kustībai. Skolēnam jāprot noteikt lietderības koeficienta vērtība situācijā, kad automašīna attīsta minimālo jaudu, aprēķinot jaudas vērtību un nolasot atbilstošo lietderības koeficienta vērtību no grafika.

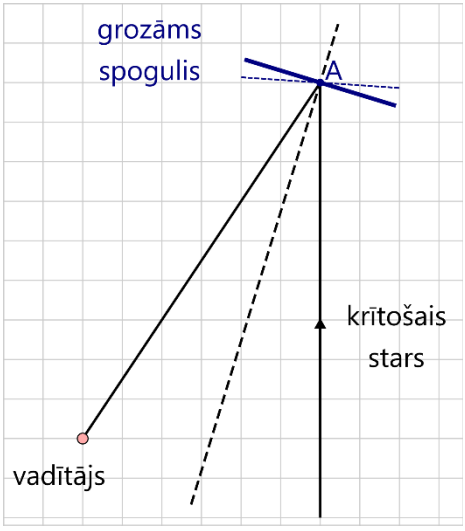
V2019-9-2. BLĀVAIS ATSPULGS

A

- Novelk līniju no vadītāja līdz spoguļa vietai, kur tas tiek rotēts (377. att.).
- Izmantojot transportieri, konstruē bisektrisi starp šo nogriezni un krītošo staru.
- Uzzīmē spoguli perpendikulāri bisektrisei.
- Krišanas leņķi nosaka vienā no diviem minētajiem veidiem:

(a) izmērot ar transportieri $\alpha \approx 17° \pm 2°$;

(b) izmantojot trigonometriskās sakarības $tg(2\alpha) = \frac{6}{9} = 0{,}667$, $(2\alpha) = 33{,}7°$, $\alpha = 16{,}85°$



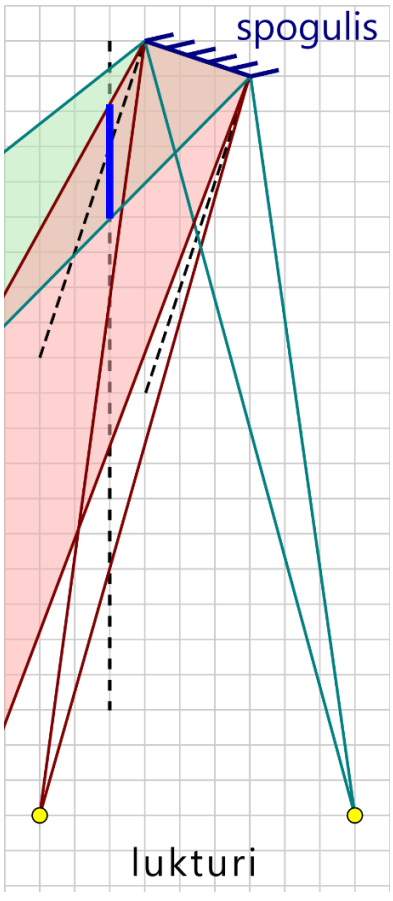
377. att.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kā attiecībā pret spoguli abos spoguļa galos krīt un atstarojas stari, kas nāk no abiem lukturiem? Uzzīmē!

– Kurā vietā attiecībā pret atstaroto gaismu jāatrodas vadītājam, lai viņš redzētu no viena luktura atstaroto gaismu, no otra luktura, no abiem lukturiem vienlaicīgi? Iezīmē atbilstošo vietu zīmējumā!

- Konstruē perpendikulus pret spoguli abos spoguļa galos.
  - Katram no lukturiem konstruē atstarotos starus abos spoguļa galos.
  - Atstaroto staru kūļu kopīgā daļa uz vadītāja kustības līnijas norāda, kādā intervālā būtu jāsēž vadītājam. 378. attēlā meklētais intervāls uzzīmēts ar treknu zilu līniju.



378. att.

C Dots, ka $n_g = 1$. Apzīmējot nezināmo stikla laušanas koeficientu ar *n*, iegūstam vienādojumu

$$R = \left(\frac{1-n}{1+n}\right)^2$$

- Zinot, ka *n* > 1 (gaismas laušanas koeficients stiklā) no abām vienādojuma pusēm var izvilkt kvadrātsakni:

$$\sqrt{R} = \pm\frac{1-n}{1+n}$$

tā kā *n* >1, tad der sakne ar "–" zīmi:

$$\sqrt{R} = \frac{n-1}{n+1}$$

- Izsaka un aprēķina laušanas koeficientu:

$$n - 1 = \sqrt{R}(n+1)$$
$$n - 1 = n\sqrt{R} + \sqrt{R})$$
$$n - n\sqrt{R} = 1 + \sqrt{R}$$
$$n(1 - \sqrt{R}) = 1 + \sqrt{R}$$
$$n = \frac{1+\sqrt{R}}{1-\sqrt{R}} = \frac{1+\sqrt{0{,}04}}{1-\sqrt{0{,}04}} = \frac{1{,}2}{0{,}8} = \mathbf{1{,}50}$$

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds ir gaismas atstarošanās likums? Ņem to vērā zīmējot gaismas staru gaitu!

– Kas notiek, kad gaismas stars krīt uz gaisa stikla robežvirsmas?

– Kas notiek, kad gaismas stars nonāk uz spoguļa?

– Kā mainās gaismas stara intensitāte, kad gaisma atstarojas: 1) no spoguļa; 2) no stikla; 3) kad stars ieiet stiklā vai iznāk no tā? Attēlo zīmējumā atšķirīgas intensitātes gaismas starus ar atšķirīgām krāsām!

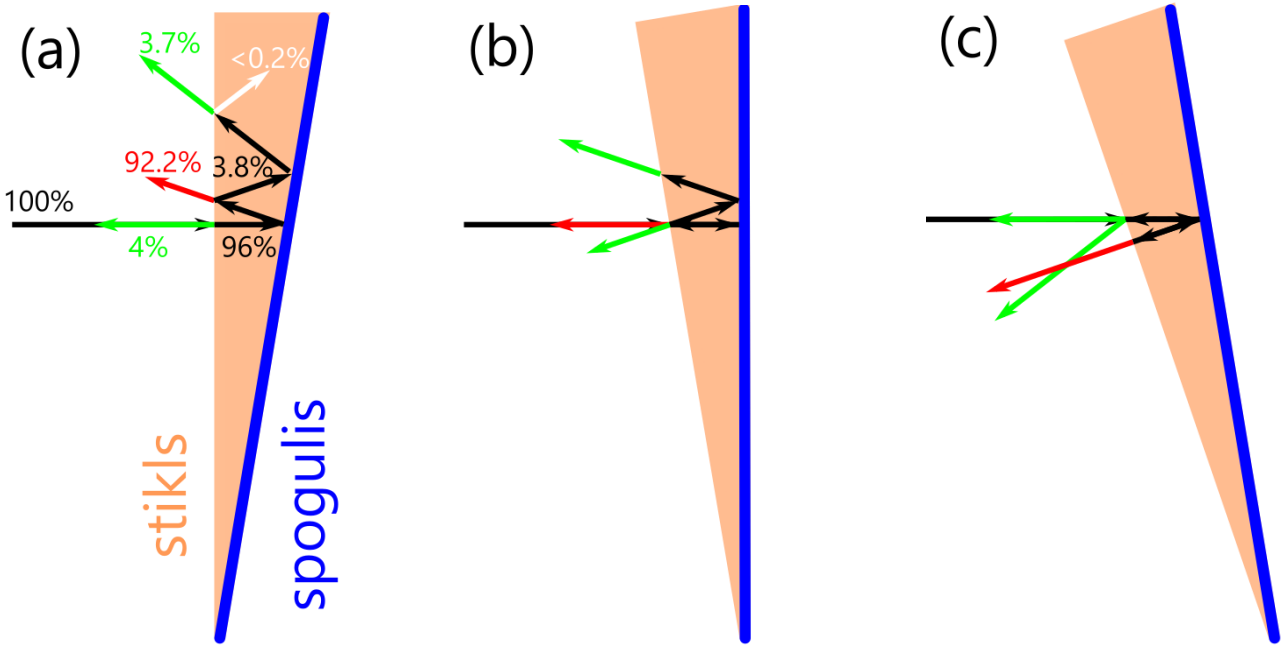
– Kur tiek novirzīts intensīvais gaismas stara atspulgs, kad spogulis ieregulēts dienas režīmā un kad – nakts režīmā?

Staru gaita uzzīmēta 379. attēlā. Konstruējot staru gaitu, ņemts vērā, ka krišanas leņķis vienāds ar atstarošanas leņķi, krišanas leņķis vienāds ar laušanas leņķi un ka stari atstarojas no spoguļa un gaiss-stikls robežvirsmas. Palīglīnijas (perpendikuli pret virsmu) nav uzzīmētas.

Konstrukciju sāk ar krītošo staru, kas daļēji atstarojas no stikla un daļēji iziet tam cauri. Tad stars atstarojas no spoguļa, daļēji atstarojas no stikla un daļēji iziet tam cauri. Tālāk konstrukciju turpina analoģiski.

Krītošā stara intensitāte ir 100%. Staram atstarojoties no spoguļa, tā intensitāte nemainās. Atstarojoties no stikla, stara intensitāti reizina ar R = 0,04 savukārt ja stars ieiet stiklā vai iziet no tā, intensitāti reizina ar $1 - R = 0{,}96$.

379. attēlā ar sarkano krāsu parādīto staru intensitāte ir ap 92% (stiprais atspulgs), ar zaļo – ap 4% (vājais atspulgs). Dienas režīmā (b) stiprais atspulgs nonāk vadītāja acīs. Nakts režīmā vadītājs redzēs vienu no diviem vājajiem atspulgiem, savukārt stiprais atspulgs tiks novirzīts vai nu griestos (a), vai uz leju (c). Vadītājs netiek apžilbināts, jo vājais atspulgs ir aptuveni 24 reizes vājāks nekā stiprais. Nakts režīms darbosies neatkarīgi no tā, kādā pozīcijā bija kloķis, ieregulējot spoguļa stāvokli dienas režīmā.



379. att.

Vērtēšana: katrā zīmējumā tik vērtēta staru gaita un staru intensitātes novērtējumu (precīzs intensitātes aprēķins netiek prasīts, bet jānorāda, kurš ir stiprais un kurš – vājais atspulgs). Tiek vērtēts arī spoguļa nakts režīma darbības skaidrojums.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par gaismas atstarošanos un laušanu:

- gaismas atstarošanās likums (A, B un D jautājumi), gaismas laušana (C, D), gaismas laušanas koeficients (C), gaismas intensitātes maiņa (D).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (D);
- izdarīt secinājumus, pamatojoties uz problēmas risinājumā iegūtajiem datiem (B, D);
- lietot vizuālo informāciju fizikālo procesu attēlošanā – zīmēt staru gaitu plakanā spogulī un staru gaitu lūstot uz stikla un spoguļa virsmas (A, B, D);
- analizēt un pārveidot dotās likumsakarības (C);
- lietot transportieri (A);
- veikt aprēķinus (C).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- aprakstīt, veikt darbību pēc algoritma, kombinēt – A un C jautājums;
- skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt, pielietot – B jautājums;
- izvērtēt, radīt, reflektēt – D jautājums.

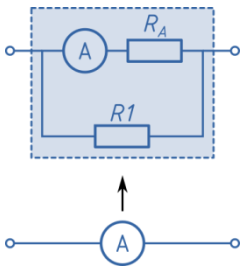
Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par gaismas staru atstarošanos un gaismas laušanu. Skolēnam jāprot zīmēt gaismas staru gaitu plakanā spogulī, ja spogulis novietots dažādās situācijās, kā arī – gaismas staru gaitu, gaismai pārejot no gaisa stiklā un no stikla gaisā. Skolēniem jāprot analizēt gaismas intensitātes maiņu, ņemot vērā dotos intensitātes maiņas nosacījumus.

V2019-9-3. SPRIEGUMS, STRĀVA, PRETESTĪBA

A Spriegums virknes slēgumā:

$$U = I(R + R_A)$$
$$U = IR + IR_A$$

$$R_A = \frac{U}{I} - R = \frac{10\ \text{mV}}{0{,}05\ \text{mA}} - 100 = \mathbf{100\ \Omega}$$



380. att.

B Uzvedinošs jautājums:

– Kā mainās caur ampērmetru plūstošās strāvas stiprums, ja rezistoru pieslēdz paralēli ampērmetram vai virknē ar to?

Rezistors jāpieslēdz **paralēli**, jo daļai no strāvas ir jāplūst garām mikroampērmetram (380. att.).

$$I_A = I_{max} = 100\ \mu\text{A} = 0{,}1\ \text{mA}$$

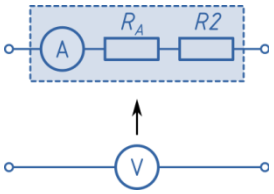
$$I_{\text{pap}} = 10\ \text{mA}$$
$$I_1 = I_{pap} - I_A = 10 - 0{,}1 = 9{,}9\ \text{mA}$$

$U_1 = U_A$, tātad $I_1 R_1 = I_A R_A$ un

$$R_1 = \frac{I_A R_A}{I_1} = \frac{0{,}1 \cdot 100}{9{,}9} = \mathbf{1\ \Omega}$$

C Uzvedinošs jautājums:

– Kā mainās caur voltmetru plūstošās strāvas stiprums, ja rezistoru pieslēdz paralēli voltmetram vai virknē ar to?



381. att.

Tā kā voltmetru ieslēdz paralēli ķēdes posmam, tad strāvu var ierobežot, ieslēdzot rezistoru **virknē** ar mērinstrumentu (381. att.).

$$I_A = I_{max} = 100\ \mu\text{A} = 10^{-4}\text{A}$$

(nolasa no dotā mikroampērmetra attēla, maksimālā vērtība uz skalas)

U = 10 V

R_A = 100 Ω

$$U = I_A(R_2 + R_A)$$

$$R_2 = \frac{U}{I_A} - R_A = \frac{10}{10^{-4}} - 100 = 99{,}9 \times 10^3\ \Omega = \mathbf{99{,}9\ k\Omega}$$

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kā ideāli mērinstrumenti ietekmē ķēdē plūstošās strāvas stiprumu un ķēdes elementiem pieliktos spriegumus?

– Kā izskatās elektriskā slēguma shēma, ja ideāla ampērmetra vietā elektriskajā slēgumā ieslēdz ampērmetru ar ierobežojošu pretestību (apskatīts uzdevuma B jautājumā)? Uzzīmē jauno slēgumu!

– Cik liela ir slēguma pilnā pretestība? Cik stipra kopējā strāva plūst caur slēgumu?

– Cik liels spriegums ir pieslēgts ampērmetram? Cik stipra strāva plūst caur ampērmetru?

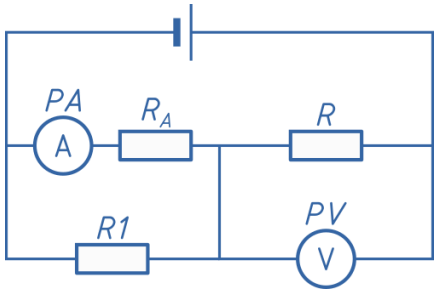
– Cik liela ir maksimālā strāvas stipruma vērtība, kuru var nomērīt, izmantojot doto mērinstrumentu? Apskati mērinstrumenta skalu! Cik liela ir maksimālā strāvas stipruma vērtība līdz kurai plānots palielināt ampērmetra mērapjomu? Apskati B jautājuma nosacījumus!

– Pārrēķini caur ampērmetru plūstošās strāvas stiprumu paplašinātajā ampērmetra skalā!

- Pirmajā mērījumā: ideāli mērinstrumenti nerada izmaiņas ķēdē plūstošās strāvās stiprumā un ķēdes elementiem pieliktajos spriegumos, līdz ar to U_0 = 0,1 V un

$$I_0 = \frac{U_0}{R} = \frac{0{,}1}{10} = 0{,}01\ \text{A} = 10\ \text{mA}$$

- Otrajā mērījumā elektriskā slēguma shēmu var pārzīmēt šādi (skat. 382. att.):



382. att.

Šeit R_A = 100 Ω ir mikroampērmetra iekšējā pretestība, R_1 = 1 Ω ir papildus pretestība ampērmetra diapazona paplašināšanai.

Ir jāatrod strāvas stiprums caur PA. Slēguma pilnā pretestība (jauktais slēgums) ir

$$R_0 = \frac{R_A R_1}{R_A + R_1} + R = \frac{100 \cdot 1}{100 + 1} + 10 = 11\ \Omega$$

Kopējā strāva

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{0{,}1}{11} = 0{,}0091\ \text{A}$$

Spriegums uz R_A ir

$$U_A = \frac{I_0 R_A R_1}{R_A + R_1} = \frac{0{,}0091 \cdot 100 \cdot 1}{100 + 1} = 0{,}009\ \text{V}$$

Caur mikroampērmetru PA plūstošās strāvas stiprums:

$$I_A = \frac{U_A}{R_A} = \frac{0{,}009}{100} = 9 \times 10^{-5}\text{A} = 90\ \mu\text{A}$$

Pārrēķinot I_A uz mērāmo strāvu, iegūst

$$I = I_A \cdot \frac{I_{pap}}{I_{max}} = 90\ \mu\text{A} \cdot \frac{10\ \text{mA}}{100\ \mu\text{A}} = 9{,}0\ \text{mA}$$

kur I_{pap} = 10 mA – strāvas stipruma maksimālā vērtība, ko paredzēts mērīt ar doto instrumentu (skat. B jautājuma risinājumu); I_{max} = 100 μA – maksimālā strāvas stipruma vērtība uz dotā ampērmetra skalas (skat. 190. attēlu).

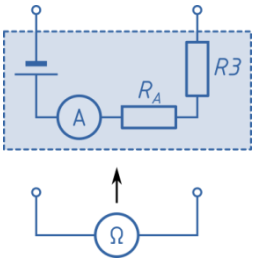
Gala rezultātā, meklētā mikroampērmetru rādījumu starpība $|\Delta I| = |10{,}0 - 9{,}0| =$ **1 mA**.

E Uzvedinoši jautājumi:

– Uzzīmē shēmu, kurā ommetru veido mikroampērmetrs, galvaniskais elements un viens strāvu ierobežojošs rezistors!

– Kāda funkcija šajā slēgumā apraksta strāvas stipruma atkarību no mērāmās pretestības R, ja slēgumā plūstošas strāvas stiprums ir mazāks vai vienāds ar 100 μA?

– Cik liela pretestība atbilst maksimālajai strāvai (100 μA) un cik liela – minimālajai strāvai (0 A)? Uzzīmē ommetra skalu!

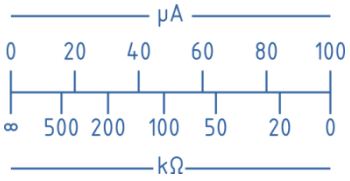


383. att.

Ommetra shēma parādīta 383. attēlā:

Jāatrod funkcija $I(R)$, tad katram mērāmajam R būs iespēja atrast atbilstošu rādītāja pozīciju uz skalas.

$$I = \frac{U}{R_A + R_3 + R}$$



384. att.

ja $0 \le I \le 100$ μA.

Tā kā R_3 = 89,9 kΩ un R_A = 100 Ω (skat. A jautājumu),

$$I = \frac{9}{89{,}9 \cdot 10^3 + 100 + R} = \frac{9}{9 \cdot 10^4 + R}$$

Maksimālai strāvai 100 μA atbilst R = **0 kΩ**, minimālai strāvai 0 mA — R = **∞**.

Spriegumam uz avota samazinoties, samazināsies arī strāvas stiprums, rādītājs novirzīsies pa kreisi, uzrādot lielāku pretestību (384. attēls, skala ir apgriezta).

F Uzvedinoši jautājumi:

– Kādā gadījumā slēgumā voltmetrs būs visjutīgākais, t. i., kad varēs izmērīt pēc iespējas mazākus spriegumus?

– Cik lielu vismazāko strāvu var izmērīt ar doto mikroampērmetru? Izpēti mērinstrumenta skalu!

Visjutīgākais voltmetrs sanāks tad, ja nebūs jālieto ierobežojošais rezistors. Tātad (ņemot vērā, ka mazākā izmērāmā strāva ir 2 μA — iedaļas vērtība)

$$I_{min} = \frac{U_{min}}{R_A}$$

un $U_{min} = I_{min} \cdot R_A = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 2 \cdot 10^{-4}$ V = **0,2 mV**

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par elektriskajām ķēdēm – par virknes un jaukto slēgumu:

- virknes slēgums un tā raksturlielumu sakarības (A, B, C un E jautājumi), jauktais slēgums (D), Oma likums (visos uzdevuma jautājumos).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.

- veikt analītiskus spriedumus par procesiem (B, C, D, F);
- izdarīt secinājumus, pamatojoties uz problēmas risinājumā iegūtajiem datiem (E);
- lietot vizuālo informāciju fizikālo procesu attēlošanā – zīmēt slēgumus (B, C, D);
- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskas likumsakarības (A, B, C, F);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (D, E);
- nolasīt datus no mērinstrumenta skalas (C, D, F);
- pārveidot mērvienības (visos uzdevuma jautājumos);
- veikt aprēķinus (visos uzdevuma jautājumos).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- aprakstīt, veikt darbību pēc algoritma – A jautājums;
- skaidrot cēloņus, analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt, pielietot – B, C, E un F jautājums;
- izvērtēt, radīt, reflektēt – D jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par elektriskajām ķēdēm, to elementu slēgumu, kā virknes un jauktajā slēgumā ir savstarpēji saistīti – strāvas stiprums, spriegums un pretestība. Skolēnam jāprot zīmēt elektriskie slēgumi, ievērojot situācijās norādītos nosacījumus. Skolēniem jāprot analizēt, kā mainās strāvas stiprums, spriegums un pretestība, ja elektriskajā ķēdē tiek pieslēgts vai

izņemts kāds elements. Skolēniem jāprot nolasīt mērinstrumenta skalas diapazonu, noteikt mazāko iedaļas vērtību, kā arī pārveidot mērvienības.

V2019-9-D. SVECES LIESMA

A Uzvedinoši jautājumi:

– Vai sveces materiāls (degviela) normālos apstākļos (ciets) deg?

– Vai deg sveces galā izkususī degviela?

– Kāpēc svecei vajadzīga dakts? Kādā fāzē (agregātstāvoklī) sveces viela deg?

– Kāda viela vēl nepieciešama degšanai? Kādā veidā tā tiek piegādāta? Kas nodrošina šo piegādi ar enerģiju? Kāds spēks veic piegādi?

– Kāpēc tikko nodzēstu sveci var no jauna aizdedzināt arī nepietuvinot liesmu gluži klāt daktij?

Liesma silda sveces galu, padarot tās materiālu (vasku, parafīnu vai stearīnu) plūstošāku. Karsējot sveces materiālu bez dakts, tas nopilētu zemē tikko sasniedzis pietiekamu plūstamību. Bet degšanai nepieciešama daudz augstāka temperatūra. Liesma nespētu masīvo un siltumietilpīgo degvielu līdz tādai temperatūrai sakarsēt, kamēr tā nav aiztecējusi. Turpretī, ja augšup no plūstošās degvielas ir izvirzīta **dakts**, tad, pateicoties **kapilaritātei**, šis **materiāls ceļas augšup starp tās šķiedrām**. Tievā dakts ar tajā esošo degvielu liesmā pagūst ļoti ātri sakarst.

Pārvietojoties augšup, sveces materiāls sasniedz arvien karstāku liesmas apgabalu, kamēr iztvaiko. Tvaika temperatūra turpina paaugstināties, tas sastopas ar gaisā esošo skābekli, notiek oksidēšanās reakcija jeb degšana. Tajā izdalās **siltums**, kurš **nodrošina nepārtrauktu procesa turpināšanos**.

Sakarsētā sveces materiāla tvaika, gaisa un degšanas produktu blīvums liesmā un ap to ir mazāks par apkārtējā gaisa blīvumu, tāpēc Arhimēda spēks šo maisījumu ceļ augšup, līdz tas liesmas augšdaļā sasniedz visaugstāko temperatūru.

Pateicoties tādai kustībai (**konvekcijai**), **liesmai pieplūst arvien jauns skābekli saturošs gaiss**, kas nepieciešams degšanai.

Tā kā degt spēj tikai sakarsētie sveces materiāla tvaiki, tikko **nodzēstu sveci var no jauna aizdedzināt arī nepietuvinot liesmu klāt daktij**. Šajā gadījumā **aizdegas atdzist nepaguvušais tvaiks** un atjauno sveces degšanas procesu.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Vai skābekļa pievadīšana liesmai uzlabojas kustinot sveci? Vai tas palielina liesmu?

– Kāpēc tā ir iespējams liesmu arī nodzēst?

Pārvietojot sveci horizontāli, **pienākošā gaisa plūsma** vēl **palielinās, taču tā aiznes liesmu sānis projām no dakts**. Liesma vairs nesilda to tik labi. No dakts iztvaikojošā sveces materiāla daudzums samazinās, tādēļ samazinās arī liesma. Mazāka liesma uztur procesu vēl vājāk, līdz tā var pavisam izzust – svece ir nopūsta.

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kurā virzienā noliecas sveces liesma brīžos, kad sveces kustināšanas ātrums mainās (sveci kustina paātrināti)? Kāpēc?

– Kāda līdzība šajā gadījumā vērojama starp paātrinātu kustību un Arhimēda spēku?

Ja degošu sveci apsedz ar stikla kupolu un kustina horizontāli, **ārpus kupola esošā gaisa plūsma to vairs nenopūš**. Pārvietojot sveci paātrināti, liesma pat nedaudz noliecas paātrinājuma virzienā, nevis pretēji kustības virzienam.

Gāzu un tvaiku maisījums liesmā ir mazāk blīvs, nekā apkārtējais gaiss burkā. **Paātrinātā kustība uz sveces liesmu burkā iedarbojas** gluži **tāpat kā gravitācijas spēka lauks, kurā darbojas Arhimēda spēks**.

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kas notiek ar liesmu miera stāvoklī zem kupola? Kāpēc?

– Kāpēc krītot liesma nodziest ļoti ātri? Vai tik ātri izbeidzas skābekļa krājumi zem kupola? Vai liesmu nopūš?

– Kāpēc liesma vienkārši nenovirzās, kā kustinot to ar kupolu horizontāli?

Svecei **degot zem kupola** pietiekami **ilgi, tā nodziest skābekļa trūkuma dēļ**, jo gandrīz viss zem kupola esošais skābeklis ir izlietots (piesaistīts) degšanas procesā.

Degošai svecei ar kupolu **brīvi krītot**, apkārtējā gaisa plūsma to, protams, nenopūš. Gluži otrādi, svece nodziest tāpēc, ka **liesmai svaigs gaiss vispār vairs nepieplūst**, lai gan zem kupola tā vēl ir pietiekoši daudz.

Blīvākais svaigais gaiss un liesma krīt ar vienādu paātrinājumu un ātrumu. Šajā gadījumā paātrinājuma un gravitācijas spēka lauka iedarbības ir vienlielas un pretēji vērstas. **Brīvā kritienā** (kustībā ar paātrinājumu g lejup) **iestājas bezsvara stāvoklis**, tādēļ **konvekcija vairs nenotiek**. Sasilušie, mazāk blīvie apgabali vairs neceļas augšup attiecībā pret sveci un nedod vietu skābekli saturošam gaisam.

Pašā liesmā esošais skābeklis ļoti ātri izbeidzas un degšana apstājas. Tas notiek daudz īsākā laika sprīdī, nekā svecei zem kupola degot miera stāvoklī vai vienmērīgā taisnvirziena kustībā.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Vielas masa, tilpums un blīvums.
- Siltumapmaiņas procesi. Siltuma daudzums. Temperatūra. Vielas īpatnējā siltumietilpība, īpatnējais kušanas siltums, īpatnējais iztvaikošanas siltums. Īpatnējais kurināmā sadegšanas siltums. Vielu kušana, sacietēšana, vārīšanās, iztvaikošana un kondensēšanās.
- Ķermeņa nevienmērīga kustība.
- Ķermeņu mijiedarbība un spēki – smaguma spēks, svars, Arhimēda spēks. Spēku saskaitīšana, ja tie darbojas pa vienu taisni. Spiediens šķidrumos un gāzēs. Ķermeņa peldēšanas nosacījumi.

Uzdevuma atrisināšanai (izskaidrošanai) skolēnam jāprot:

- novērot, prognozēt, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificē, salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē – A, B;
- teoretizē, vispārina, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē (paplašināta abstrakcija) – A, C, D.

V2019-9-E. DĒĻA MASAS NOTEIKŠANA BEZ SVARIEM

1. Izmantojot zīmuli kā atbalstu, skolēns nosaka dēlīša smaguma centra atrašanās vietu un atzīmē to uz dēlīša.

2. Liekot atsvaru uz dēlīša, tiek noteikts sistēmas "dēlītis – atsvars" smaguma centrs un izmērīts attālums l_{sm} no dēlīša smaguma centra līdz tam, kā arī izmērīts atsvara veidotais spēka pleca garums L_{atsv}.

3. Attēlojot grafiski l_{sm} atkarību no L_{atsv}., iegūst lineāru sakarību. Taisnei jāiet caur nullpunktu. Lai precīzāk novilktu taisni, jāņem vērā, ka rezultāti ar lielāku spēka pleca garumu L_{atsv} dos precīzāku dēlīša masas vērtību. Tas tādēļ, ka sasniedzamā absolūtā precizitāte visiem mērījumiem ir vienāda, bet tālāk no nullpunkta tā mazāk ietekmē taisnes slīpumu un nosakāmo dēlīša masas vērtību.

4. No sistēmas līdzsvara nosacījumiem izriet, ka

$$m_d l_{sm} = m_{atsv} L_{atsv}$$

No grafika nosakot attiecību $\frac{L_{atsv}}{l_{sm}}$, iespējams aprēķināt dēlīša masu:

$$m_d = m_{atsv} \frac{L_{atsv}}{l_{sm}}$$

Vērtēšanas kritēriji

A Noteikta sistēmas "dēlītis – atsvars" smaguma centra atrašanās vieta dažādām atsvara atrašanās vietām uz dēlīša. **[3 p]**

- ja izdomāts, attiecībā pret ko noteikt masas centra pārvietošanos, pret ko atsvara stāvokli (kurus attālumus mērīt, lai šie mērījumi dotu iespēju īstenot tālākajos uzdevumos prasīto) – 1 punkts
- ja izveidota tabula un tajā reģistrēti 10 mērījumi vai vairāk (tajā skaitā ar lielu spēka pleca garumu $L_{atsv)}$, tad 2 punkti.
    - ja tabulā reģistrēti mazāk nekā 10 mērījumi, tad 1 punkts.

B Uzzīmēts grafiks l_{sm} = f (L_{atsv}), caur mērījumu punktiem velkot taisni un punktiem ar lielākām L_{atsv} vērtībām piešķirot lielāku nozīmi taisnes slīpuma noteikšanā. **[4 p]**

- Noformēts grafiks: atlikti fizikālie lielumi pie asīm, norādītas mērvienības, mērījumi atlikti mērogā – 1 punkts.
- Grafikā korekti atlikti mērījumos iegūtie dati – 1 punkts.
- Grafikā novilkta taisne l_{sm} = f(L_{atsv}), kas iet caur koordinātu sākumpunktu – 1 punkts.
- Paskaidrots, kāpēc zīmējot grafiku, kā nozīmīgāki jāizmanto rezultāti ar lielāku spēka pleca garumu L_{atsv} – 1 punkts.

C No grafika taisnes slīpuma leņķa tangensa aprēķināta dēlīša masa. **[3 p]**

- Uzrakstīts sistēmas "dēlītis – atsvars" līdzsvara nosacījums $m_d l_{sm} = m_{atsv} L_{atsv}$, no tā izteikta formula dēlīša masas aprēķināšanai – 1 punkts.

$$m_d = m_{atsv}\frac{L_{atsv}}{l_{sm}}$$

- No grafika noteikta attiecība $\frac{L_{atsv}}{l_{sm}}$. Pietiek nolasīt vienu taisnes punktu, ja tā labi novilkta – 1 punkts.
- Noteikta reāla dēlīša masa un norādītas mērvienības – 1 punkts.

Dēlīša masas vērtībai jāiznāk robežās no **320** līdz **360 gramiem** (izmantojot olimpiādes laikā piedāvātos piederumus).

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Vielas masa.
- Ķermeņu mijiedarbība un spēki – smaguma spēks, svars. Spēku saskaitīšana, ja tie darbojas pa vienu taisni.
- Vienkāršie mehānismi: svira.

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam jāprot:

- Eksperimentēt, novērot, mērīt, prognozēt, noteikt lielumus, iegūt datus, zīmēt grafikus, interpretēt informāciju no grafikiem, diagrammām un tabulām, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- Veic darbību pēc algoritma, kombinē, salīdzina – 1.
- Salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, analizē, redz kā daļu no veselā, izvērtē – 2.
- Salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, analizē, redz kā daļu no veselā, izvērtē, vispārina – 3.

10. klase

V2019-10-1. BEDRES

A Kad mašīna stāv uz vietas, katra atspere ir noslogota ar spēku $F = \frac{mg}{4} = \frac{2000 \cdot 10}{4} = 5000$ N

Šim spēkam atbilst pagarinājums: $\Delta x = \frac{F}{k} = \frac{5000}{100000} = 0{,}05$ m $= 5$ cm

Nenoslogotās atsperes garums ir x + Δx = **35 cm = 0,35 m**

B

B1 **Neviena no atsperēm nemaina garumu:** atbilstoši 1. Ņūtona likumam, ķermenis kustās bez paātrinājuma tikai gadījumā, ja spēku summa, kas darbojas uz mašīnu, ir nulle. Tas nozīmē, ka mašīnas dzinēja radītais vilcējspēks ir pēc moduļa vienāds ar berzes spēku. Abi darbojas horizontālā virzienā, tāpēc nemaina atsperu garumu.

*Iespējamais atbildes variants, kas arī tiek ieskaitīts kā pareizs: ja gaisa dinamiskā pretestība spiež uz mašīnas priekšu stiprāk, nekā uz aizmuguri, tad **atsperes priekšā tiek saspiestas**.*

B2 Mašīna sasveras uz labo pusi, jo uz tās riteņiem darbojas berzes spēka komponente, kas nodrošina centrtieces paātrinājumu un vērsta uz trajektorijas liekuma rādiusa centru. Mašīnas masas centrs pārvietojas nedaudz tuvāk labajiem riteņiem. Tātad **atsperes kreisajā pusē izstiepjas, labajā pusē tiek saspiestas**.

B3 Smaguma spēkam parādās komponente, kas ir paralēla ceļam un iedarbojas uz mašīnu pretēji tās kustības virzienam, tāpēc **atsperes aizmugurē tiek saspiestas, priekšā izstiepjas**.

B4 Tā kā mašīna paātrinās, uz tās riteņiem darbojas vilcējspēks virzienā uz priekšu, kas netiek līdzsvarots ar citu spēku nekustīgajā atskaites sistēmā. Tāpēc **atsperes aizmugurē tiek saspiestas, priekšā izstiepjas**.

C

C1 Uz riteni darbojas divi spēki: elastības spēks $F_e = k\Delta x = 5\,000$ N ($\Delta x = h$) un smaguma spēks $F_g = m_r g = 200$ N. Paātrinājums $a = \frac{F_{el}+F_g}{m_r} = \frac{5000+200}{20} = \mathbf{260}\ \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s^2}}$

C2 Uzvedinoši jautājumi:

– Cik ilgu laiku ritenis pavadīs virs bedres?

– Kādi spēki darbojas uz atsperi, kad mašīna brauc pa horizontālo šoseju?

– Kas mainās brīdī, kad ritenis nokļūst virs bedres? Kāda būs atsperes kustība šo spēku iedarbībā?

– Kādu atsperes svārstību perioda daļu tā pagarinās bedres dibena virzienā? Vai šīs laiks ir lielāks/mazāks par laiku, ko ritenis pavadīs virs bedres?

Virs bedres ritenis pavadīs vismaz laiku $t = \frac{L-r}{v} = \frac{1-0{,}3}{30} = 0{,}023$ s

Ja neņem vērā berzes spēku un gravitācijas spēku, atsperes garums sāk svārstīties ap 35 cm (nenoslogots garums) ar periodu $T = 2\pi\sqrt{\frac{m_r}{k}} = 2 \cdot 3{,}14 \cdot \sqrt{\frac{20}{100000}} = 0{,}088$ s. Nenoslogotās atsperes garums ir 35 cm, līdz bedres dibenam ir jāveic ceturtdaļa no svārstību perioda. Tā kā $\frac{T}{4} = 0{,}022$ s ir mazāks par $t = 0{,}023$ s, **ritenis sasniedz bedres dibenu**. Tas notiek arī tad, ja ņem vērā smaguma spēku, kas ir mazs salīdzinot ar atsperes elastības spēku, tas maz ietekmē atsperes svārstības, un darbojas virzienā, kas paātrina bedres dibena sasniegšanu.

Piebilde: tā kā smaguma spēks ir konstants, tas vispār neietekmē svārstību frekvenci, tikai nobīda līdzsvara stāvokli (maina vertikālo koordināti, pie kuras rezultējošais spēks uz riteni ir 0). Šī nobīde ir ļoti neliela:

$$\Delta x_2 = \frac{F_{gr}}{k} = \frac{200}{100000} = 0{,}002\ \text{m} = 2\ \text{mm}$$

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki darbojas uz atsperi, kad mašīna brauc vienmērīgi pa horizontālo šoseju?

– Cik liels spēks noslogo katra riteņa atsperi, kad mašīna brauc vienmērīgi pa horizontālo šoseju?

– Kāda ir sakarība starp šo spēku un mašīnas masu? Kas mainās brīdī, kad visa mašīna nokļūst virs bedres?

Šajā gadījumā uz katras no atsperēm svārstās nevis ritenis, bet ceturtdaļa no mašīnas masas.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{0{,}25m}{k}}} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot \sqrt{\frac{0{,}25 \cdot 2000}{100\,000}}} = \mathbf{2{,}25\ Hz}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tēmās:

- Mijiedarbība un spēki – smaguma spēks (jautājumi A, B3, C1, D), elastības spēks, Huka likums (jautājumi A, C1), kopspēks un Ņūtona likumi (jautājumi A, B1, B2, B3, B4, C1, D), berzes spēks (jautājums B2).
- Ķermeņu kustība – vienmērīga taisnlīnijas kustība (jautājums C2).
- Mehāniskās svārstības un viļņi – atsperes svārstību periods un frekvence (jautājumi C2, D).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes:

- analizē ķermeņu līdzsvara nosacījumus – jautājumi A, C2, D;
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem – jautājumi A, C1, C2, D;
- lieto fizikālo lielumu apzīmējumus un SI mērvienības – jautājumi A, C1, C2, D;
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības – jautājumi A, C1, C2;
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības – jautājumi A, B1, B2, B3, B4, C1, C2, D;
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā – jautājumi B1, B2, B3, B4, D.

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, identificē, veic vienkāršu darbību – B1 jautājums;
- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – A, B2, B3, B4, C1 jautājums;
- salīdzina, analizē, sasaista, pielieto – C2 jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – D jautājums.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jāanalizē spēki, kas darbojas uz ķermeni dažādās situācijās: vienmērīgajā taisnlīnijas kustībā, vienmērīgi paātrinātajā taisnlīnijas kustībā, kustībā pagriezienos un pa slīpu virsmu. Jālieto Ņūtona likumi, lai secinātu par spēku darbības izraisīto ķermeņa ātruma maiņu un/vai deformācijām. Uzdevuma risināšanai nepieciešamo zināšanu apjoms nav liels (elastības spēks un smaguma spēks, kopspēks un paātrinājums, atsperes svārstības), tomēr, risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē spēja kombinēt un kompleksi lietot šīs zināšanas atkarībā no piedāvātās situācijas.

V2019-10-2. SADURSMES UN LIETUS

A

A1 Uzvedinoši jautājumi:

– Absolūti elastīgā sadursmē jāizpildās diviem saglabāšanās likumiem. Kādi tie ir?

– Ļoti ērti šajā uzdevumā ir izmantot matemātisko sakarību $a^2 - b^2 = (a - b) \cdot (a + b)$. Vai vari šo sakarību ieraudzīt kādā no saglabāšanās likumiem?

No impulsa saglabāšanās likuma iegūst: $Mv = Mv_M + mv_m \Rightarrow M(v - v_M) = mv_m$

Ņemot vērā enerģijas saglabāšanos: $\frac{Mv^2}{2} = \frac{Mv_M^2}{2} + \frac{mv_m^2}{2} \Rightarrow M(v + v_M)(v - v_M) = mv_m^2$

Izdalot abas izteiksmes, iegūst: $v_m = v + v_M$

Ievietojot iegūto izteiksmi impulsa saglabāšanās likuma izteiksmē: $M(\mathrm{v}-\mathrm{v}_M)=m\mathrm{v}_m=m(\mathrm{v}+\mathrm{v}_M)$

Izsakot vajadzīgo lielumu iegūstam, ka ratiņu, kuru masa *M*, ātrums pēc sadursmes: $\mathbf{v_M=\frac{M-m}{M+m}v}$

Ratiņu, kuru masa *m*, ātrums pēc sadursmes $\mathbf{v_m}=\mathrm{v}+\mathrm{v}_M=\mathrm{v}+\frac{M-m}{M+m}\mathrm{v}=\mathbf{\frac{2M}{M+m}v}$

A2 Sākotnējā kinētiskā enerģija $E_{\mathrm{ks}}=\frac{M\mathrm{v}^2}{2}$

Mazāko ratiņu kinētiskā enerģija pēc sadursmes $E_{\mathrm{km}}=\frac{m\mathrm{v}_{\mathrm{m}}^2}{2}=\frac{m}{2}\left(\frac{2M}{M+m}\mathrm{v}\right)^2=\frac{4mM}{(M+m)^2}E_{\mathrm{ks}}$

Meklētā daļa: $\boldsymbol{\gamma}=\frac{E_{\mathrm{km}}}{E_{\mathrm{ks}}}=\mathbf{\frac{4mM}{(M+m)^2}}$

B

B1 Uzvedinoši jautājumi:

– Absolūti neelastīgā sadursmē jāizpildās tikai vienam no A daļā izmantotajiem diviem saglabāšanās likumiem. Kurš saglabāšanās likums jāizmanto?

– Kā salīdzinās ātrumi abiem ratiņiem pēc sadursmes?

Neelastīgā sadursmē saglabājas impulss, bet nesaglabājas kinētiskā enerģija. Pēc sadursmes abi ratiņi kustas ar vienu ātrumu.

No impulsa saglabāšanās likuma iegūst: $M\mathrm{v}=(M+m)\mathrm{v}_{\mathrm{b}}$, no kurienes $\mathbf{v_b=\frac{M}{M+m}v}$

B2 Sākotnējā kinētiskā enerģija $E_{\mathrm{ks}}=\frac{M\mathrm{v}^2}{2}$

Mazāko ratiņu kinētiskā enerģija pēc sadursmes $E_{\mathrm{km}}=\frac{m\mathrm{v}_1^2}{2}=\frac{m}{2}\left(\frac{M}{M+m}\mathrm{v}\right)^2=\frac{mM}{(M+m)^2}E_{\mathrm{ks}}$

Meklētā daļa: $\boldsymbol{\gamma}=\frac{E_{\mathrm{km}}}{E_{\mathrm{ks}}}=\mathbf{\frac{mM}{(M+m)^2}}$

Piebilde: Der pievērst uzmanību tam, ka absolūti elastīgā sadursmē sākotnēji nekustīgie ratiņi vienmēr iegūst 4 reizes lielāku kinētisku enerģiju nekā absolūti neelastīgā sadursmē (salīdzinot A2 ar B2). Tas nozīmē, ka absolūti elastīgā sadursmē sākotnēji nekustīgo ratiņu ātrums ir divas reizes lielāks nekā absolūti neelastīgā sadursmē.

B3 Sākotnējā kinētiskā enerģija $E_{\mathrm{ks}}=\frac{M\mathrm{v}^2}{2}$

Ratiņu kinētiskā enerģija pēc sadursmes $E_{\mathrm{kb}}=\frac{(M+m)\mathrm{v}_{\mathrm{b}}^2}{2}=\frac{(M+m)}{2}\frac{M^2}{(M+m)^2}\mathrm{v}^2=\frac{M^2}{M+m}\mathrm{v}^2$

Meklētā daļa: $\boldsymbol{\eta}=\frac{E_{\mathrm{ks}}-E_{\mathrm{kb}}}{E_{\mathrm{ks}}}=1-\frac{E_{\mathrm{kb}}}{E_{\mathrm{ks}}}=1-\frac{M}{m+M}=\mathbf{\frac{m}{m+M}}$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Ja lietus līst ratiņos, tad tas saskaras ar ratiņiem un var uzskatīt, ka notiek sadursme. Kāda veida sadursme tā ir – elastīga vai neelastīga?

– Ja lietu uzskata par ratiņiem, tad – cik liela ir šo ratiņu masa?

Ja lietus līst ratiņos, tad pēc kāda neilga laika lietus pārvietojas ar ratiņu ātrumu, kas atbilst neelastīgai sadursmei. Tātad ratiņu ātrumu nosaka impulsa nezūdamības likums:

$$M\mathrm{v} = (M + \mu t)\mathrm{v}$$

kur $M + \mu t$ ir ratiņu masa laika momentā t. Ratiņu ātrums pēc laika t: $\mathbf{v_t} = \frac{M}{M+\mu t}\mathbf{v}$

D

D1 Uzvedinoši jautājumi:

– Vai vertikāli uz leju līstošs ūdens paātrina ratiņus?

– Kā šis saistās ar C daļā iegūto sakarību?

Neatkarīgi no situācijas, viss lietus ūdens, kas ielīst ratiņos ir jāpaātrina līdz ratiņu ātrumam. Jo ratiņu masa būs lielāka, jo mazāks būs ratiņu ātruma zudums, paātrinot lietus pilienu (skatīt C jautājuma atbildi – palielinot *M*, palielinās arī beigu ātrums v").

Tātad, jo lielāka ir ratiņu masa, jo lielāks ir ratiņu ātrums. Tātad **situācijā (1),** kur lietus nelīst ārā, ratiņiem ir lielāks beigu ātrums.

D2 Uzvedinoši jautājumi:

– Ar ko ir vienāda impulsa izmaiņa laika vienībā?

– Kā impulsa izmaiņa laika vienībā saistās ar spēku?

– Kā spēks ir saistīts ar jaudu?

Spēks, kas nepieciešams, lai uzturētu konstantu ratiņu ātrumu, ir vienāds ar impulsa izmaiņu laika vienībā, kur impulsa izmaiņa ir vienāda ar pilienam piešķirto impulsu

$$F = \frac{\Delta(m\mathrm{v})}{\Delta t} = \frac{\Delta m}{\Delta t}\mathrm{v}$$

jo uzskatām, ka beigu ātrums nemainās (vienāds ar v). Lai iegūtu jaudu, varam izmantot, ka

$$\boldsymbol{P} = F\mathrm{v} = \boldsymbol{\mu \mathrm{v}^2}$$

Alternatīvs risinājums

Var domāt, ka jauda būs vienāda ar pilieniem piešķirto kinētisko enerģiju laika vienībā. Tādā gadījumā iegūst, ka

$$P_1 = \frac{\Delta E_k}{\Delta t} = \frac{\mu \mathrm{v}^2}{2}$$

kas ir divas reizes mazāk nekā pareizā atbilde.

Bet šādā gadījumā mēs neesam ņēmuši vērā, ka daļa enerģijas pārvēršas siltumā un tiek zaudēta. Ja *M* daudz lielāks par *m*, tad B3 apskatītajā gadījumā zaudētā enerģijas daļa kļūst $\eta = \frac{m}{M}$ jeb sistēmas zaudētā kinētiskā enerģija, paātrinot vienu pilienu ar masu *m*, ir

$$E_{disip} = \eta E_{ks} = \frac{m}{M}\frac{M\mathrm{v}^2}{2} = \frac{m\mathrm{v}^2}{2}$$

tikpat liela, kā enerģija, ko iegūst piliens.

Tādā gadījumā izkliedētā jauda ir $P_2 = \frac{\mu \mathrm{v}^2}{2}$.

Jauda, kas nepieciešama, lai uzturētu ātrumu, ir $\boldsymbol{P} = P_1 + P_2 = \boldsymbol{\mu \mathrm{v}^2}$

E Viena piliena impulsa horizontālā (x) komponente Zemes atskaites sistēmā mainās no 0 līdz $m(\mathrm{v}-\mathrm{v}_0)$. Impulsa izmaiņa laika vienībā ir spēks $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m(\mathrm{v}-\mathrm{v}_0).-0}{\Delta t} = \mu(\mathrm{v}-\mathrm{v}_0)$

Jauda, kas nepieciešama, lai uzturētu ratiņu ātrumu, ir $\boldsymbol{P = F\mathrm{v} = \mu\mathrm{v}(\mathrm{v}-\mathrm{v}_0)}$

Alternatīvs risinājums

Piliena kinētiskās enerģijas izmaiņa laika vienībā ir $\mathrm{P}_1 = \frac{\mu(\mathrm{v}-\mathrm{v}_0)^2}{2}$, jo piliena beigu ātrums Zemes atskaites sistēmā ir $(\mathrm{v}-\mathrm{v}_0)$. Lai izrēķinātu izkliedēto enerģiju, jāizrēķina ratiņu impulsa izmaiņa, kas ir vienāda ar piliena ar masu *m* impulsa izmaiņu $M\Delta\mathrm{v} = m(\mathrm{v}-\mathrm{v}_0)$ un izkliedētā enerģija ir

$$E_D = \frac{M\mathrm{v}^2}{2} - M$$

Zināms, ka v ir daudz mazāks par v un v_0, tāpēc locekli, kas satur v var atmest un paliek, ka

$$P_2 = \frac{E_D}{\Delta t} = \mu\mathrm{v}(\mathrm{v}-\mathrm{v}_0) - \mu$$

un $\boldsymbol{P = P_1 + P_2 = \mu\mathrm{v}(\mathrm{v}-\mathrm{v}_0)}$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas tēmā – ķermeņu mijiedarbība un spēki, kā arī enerģija:

- Kustības impulss un spēka impulss sadursmēs (jautājumi D2 un E).
- Impulsa saglabāšanās likums (viss uzdevums).
- Kinētiskā enerģija (jautājumi A un B).
- Enerģijas saglabāšanās likums (jautājums A).
- Jauda (jautājumi D2 un E).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t. sk.

- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (viss uzdevums);
- veic analītiskus spriedumus par procesiem un parādībām, izmantojot fizikas likumus (jautājums D1);
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības (viss uzdevums).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veic darbības pēc algoritma, kombinē atsevišķus elementus – jautājumi A un B;
- teoretizē, vispārina, prognozē, iztēlojas – jautājumi C, D un E.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam ir nepieciešams zināt impulsa un enerģijas nezūdamības likumu un mācēt tos pielietot sadursmēs. Skolēnam jādemonstrē, ka viņš saprot, ka sadursmēs noteicošais ir impulsa saglabāšanās likums, jo tikai absolūti neelastīgā sadursmē saglabājas mehāniskā enerģija. Uzdevums saistās ar ļoti daudz matemātiskiem pārveidojumiem. Uzdevuma beigās (D2 un E) prasa impulsa izmaiņu saistīt ar spēku un jaudu.

V2019-10-3. SISENIS

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds spēks darbojas uz siseni tā lēciena laikā?

– Kāda ir siseņa kustības trajektorija ar zemi saistītajā nekustīgajā atskaites sistēmā?

Attiecībā pret zemi siseņa lēciena trajektorija ir parabola. Kustīgajā atskaites sistēmā, kas saistīta ar bundžas centru, pateicoties bundžas vienmērīgajai kustībai, sisenis pēc lēciena arī pārvietojas pa **parabolu** (parabola būs vai nu saspiesta salīdzinot ar sākotnējo pie $|u_x| > |\mathrm{v}|$, vai nu apgriezta uz citu pusi pie $|u_x| < |\mathrm{v}|$). **Robežgadījumā** kad $|u_x| = |\mathrm{v}|$, trajektorija varētu kļūt par **nogriezni, vērstu vertikāli uz augšu**.

Piezīme: uzdevuma nosacījumi ļauj pieņemt, ka sisenis lec vertikāli uz augšu attiecībā pret zemi (tad trajektorija ar zemi saistītajā atskaites sistēmā būs vertikāli vērsts nogrieznis), bet arī tad siseņa kustības trajektorija kustīgajā atskaites sistēmā būs parabola, jo horizontālā ātruma komponente manīsies vienmērīgi, bet vertikālā – vienmērīgi paātrināti.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kādu punktu šajā situācijā būtu visizdevīgāk izvēlēties par koordinātu sistēmas sākumpunktu?

– Kā ir izdevīgāk izvēlēties OX un OY ass virzienus?

– Kāda ir siseņa kustība horizontālajā virzienā attiecībā pret zemi un attiecībā pret bundžas centru?

– Ar cik lielu ātrumu sisenis kustās horizontālajā virzienā attiecībā pret bundžas centru?

– Kāda ir siseņa kustība vertikālajā virzienā attiecībā pret zemi un attiecībā pret bundžas centru?

Koordinātu atskaites sākumpunkts ir vieta, kur sākotnējā momenta sēž sisenis. Horizontālā OX ass vērsta no siseņa uz bundžu, vertikālā OY ass perpendikulāri uz augšu. Pieņemsim, ka laiku *t* sāk skaitīt no brīža, kad sisenis lec uz priekšu. Sistēmā, saistītā ar zemi, sisenis lec leņķī α ar ātrumu *u*, kura horizontāla komponente u_x un vertikālā komponente u_y. Kustība horizontālajā virzienā ir vienmērīga ar ātrumu $\mathrm{v} + u_x$, kustība vertikālajā virzienā ir vienmērīgi paātrināta.

Kustīgajā atskaites sistēmā koordinātes laikā mainās sekojoši:

$$\boldsymbol{x(t) = (\mathrm{v} + u_x)t}$$

$$\boldsymbol{y(t) = u_y t - \frac{gt^2}{2}}$$

C

C1 Tā kā sisenis lēcienā tikai nedaudz pieskaras bundžas augšējai malai, tad maksimālais pacelšanās augstums ir vienāds ar bundžas diametru $\boldsymbol{D = 2R}$.

C2 Maksimālais pacelšanās augstums ir vienāds ar bundžas diametru *D* = *2R*, savukārt, no kinemātikas sakarībām, pacelšanas augstums y_{max} saistīts ar sākuma ātrumu u_y, beigu ātrumu (kas maksimālajā pacelšanas augstumā būs 0) un paātrinājumu g:

$$u_y^2 = 2gy_{max} \Rightarrow y_{max} = \frac{{u_y}^2}{2g}$$

Līdz ar to $u_y^2 = 4gR$ **un ātruma vertikālā komponente**: $\boldsymbol{u_y = 2\sqrt{gR}}$

C3 Maksimālais augstums ir sasniedzams **laikā** $\boldsymbol{t_{max}} = \frac{u_y}{g} = \frac{2\sqrt{gR}}{g} = \boldsymbol{2\sqrt{\frac{R}{g}}}$

C4 Uzvedinošs padoms:

– Salīdzini siseņa trajektorijas liekuma rādiusu ar bundžas liekuma rādiusu pie nosacījuma, ka sisenis pārlec pāri bundžai ar mazāko iespējamo ātrumu *u*, tikai nedaudz pieskaroties tai augšējā punktā.

– Kādu sakarību var uzrakstīt paātrinājumam, ātrumam un liekuma rādiusam pieskaršanas punktā?

Kustīgajā atskaites sistēmā siseņa trajektorijas liekuma rādiusam pieskares punktā jābūt lielākam par bundžas rādiusu *R*, savukārt paātrinājumam ir tikai normāla komponente $g = \frac{(\mathrm{v}+u_x)^2}{R_{liekuma}}$:

$R_{liekuma} = \frac{(\mathrm{v}+u_x)^2}{g} \geq R$, līdz ar to $\boldsymbol{u_x \geq \sqrt{gr} - \mathrm{v}}$.

Piezīme: *formāli precīzāk uzdevumu var atrisināt, izmantojot virkni matemātisko pārveidojumu:*
Maksimālais augstums tiks sasniegts punktā, kura x koordināte

$$x_{max} = (\mathrm{v} + u_x)t_{max} = \frac{(\mathrm{v} + u_x)u_y}{g}$$

No kustības vienādojuma $x = (\mathrm{v} + u_x)t$ *varam izteikt laiku* $t = \frac{x}{\mathrm{v} + u_x}$

Izmantojot matemātiskos pārveidojumus:

$$y = u_x \frac{x}{(\mathrm{v} + u_x)} - \frac{gx^2}{2(\mathrm{v} + u_x)^2} = \frac{2(\mathrm{v} + u_x)u_y x - gx^2}{2(\mathrm{v} + u_x)^2} = \left| \begin{matrix} x_{max} = \frac{(u_x + \mathrm{v})u_y}{g} \\ (u_x + \mathrm{v})u_y = x_{max}g \end{matrix} \right| =$$

$$= \frac{2x_{max}gx - gx^2}{2(\mathrm{v} + u_x)^2} = \frac{-g(-2x_{max}x + x^2)}{2(\mathrm{v} + u_x)^2} = -\frac{g(x_{max}^2 - x_{max}^2 - 2x_{max}x + x^2)}{2(\mathrm{v} + u_x)^2} =$$

$$= \frac{-g(x_{max} - x)^2 + gx_{max}^2}{2(\mathrm{v} + u_x)^2} = \frac{gx_{max}^2}{2(\mathrm{v} + u_x)^2} - \frac{g(x_{max} - x)^2}{2(\mathrm{v} + u_x)^2} =$$

$$= \left| \begin{matrix} x_{max}^2 = \frac{(\mathrm{v} + u_x)^2 u_y^2}{g^2} \\ \frac{g_{max}^2}{2(\mathrm{v} + u_x)^2} = \frac{g}{2(\mathrm{v} + u_x)^2} \frac{(\mathrm{v} + u_x)^2 u_y^2}{g^2} = \frac{u_y^2}{2g} = y_{max} \end{matrix} \right| = y_{max} - \frac{g(x_{max} - x)^2}{2(\mathrm{v} + u_x)^2}$$

Pieskares punkta tuvumā šīm vienādojumam jāsakrīt ar riņķa līnijas vienādojumu, kur riņķa centrs ir punktā:

(x_{max}*; R) un* $R^2 = (x - x_{max})^2 + (y - R)^2$*, no kurienes*

$$y = R + \sqrt{R^2 - (x - x_{max})^2} = R + R\sqrt{1 - \frac{(x - x_{max})^2}{R^2}} = R + R\left(1 - \frac{(x - x_{max})^2}{R^2}\right)^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \left| \begin{matrix} (1 + t)^\alpha = 1 + \alpha t \\ \alpha = \frac{1}{2} \\ t = -\frac{(x - x_{max})^2}{R^2} \end{matrix} \right| \approx R + R\left(1 + \frac{1}{2}\left(-\frac{(x - x_{max})^2}{R^2}\right)\right) = 2R - \frac{(x - x_{max})^2}{2R}$$

Pielīdzinot abas izteiksmes iegūst: $(\mathrm{v} + u_x)^2 = gR$*, no kurienes* ***ātruma horizontālā komponente*** $\boldsymbol{u_x = \sqrt{gR} - \mathrm{v}}$

C5 Siseņa lēciena minimālais ātrums

$$\boldsymbol{u} = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = \sqrt{(\sqrt{gR} - \mathrm{v})^2 + 4gR} = \sqrt{\mathbf{v^2 - 2v\sqrt{gR} + 5gR}}$$

C6 Lēciena tālums ir

$$\boldsymbol{s} = 2u_x t_{max} = \mathbf{2}(\sqrt{\boldsymbol{gR}} - \mathbf{v})\sqrt{\frac{\boldsymbol{R}}{\boldsymbol{g}}}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tēmās:

- Ķermeņu kustība – vienmērīga taisnlīnijas kustība (jautājumi A, B); vienmērīgās un vienmērīgi paātrinātas kustības vienādojumi (jautājums B), kustības ātrumu saskaitīšana (jautājumi B, C4, C6).
- Kustība gravitācijas laukā – slīps sviediens (jautājumi A, B, C2, C3, C4, C5, C6).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes:

- apraksta kustību, izmantojot kustības raksturlielumus – jautājumi A, B, C2, C3, C4, C5, C6;
- veic analītiskus spriedumus par procesiem un parādībām, izmantojot fizikas likumus – jautājumi A, B, C4, C5;
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem – jautājumi C2, C3, C4, C5, C6;
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā – jautājumi C1, C4;
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības – jautājums C4.

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, identificē, veic vienkāršu darbību – C1 jautājums;
- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – C2, C3, C5, C6 jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, sasaista, saskata analoģijas – B jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – A, C4 jautājums.

Šīs uzdevums ir mazliet neparasts ar to, ka nevienā punktā nav jāveic aprēķini, bet jāveic risinājums analītiski. Risinot šo uzdevumu, skolēnam jāparāda izpratne par kustības raksturlielumiem (ātrums, ātruma komponentes, paātrinājums). Jādemonstrē spēja pāriet kustīgajā atskaites sistēmā un analizēt kustības raksturlielumu maiņu šajā pārējā, saskaitīt ātruma komponentes. Jāsastāda sakarības starp koordināti, ātrumu, laiku un paātrinājumu slīpi pret horizontu mestam ķermenim. Vidusskolas fizikas kursā kustība divās dimensijās skolēniem parasti sagādā grūtības, turklāt šajā uzdevumā dotā kustība jāaplūko kustīgajā atskaites sistēmā, kas prasa no skolēna skaidru un dziļu izpratni par procesiem.

V2019-10-D. SPARARATS ŠŪPOLĒS

A1 Uzvedinoši jautājumi:

– Kādu spēku vai to projekciju (komponenšu) līdzsvaram pateicoties priekšmets atrodas uz grīdas, nevis paceļas vertikāli augšup vai izkrīt cauri grīdai?

– Pateicoties kādam spēkam, priekšmetam šūpojoties, tā masas centrs var svārstīties arī horizontālā virzienā?

Uz priekšmetu darbojas **smaguma spēks, balsta reakcijas spēks** un **berzes spēks**. Šo spēku summa rada masas centra kustību, bet šo spēku radītais spēka moments liek priekšmetam rotēt.

A2 Uzvedinoši jautājumi:

– Kas atrodas augstāk un kas zemāk – masas centrs vai atbalsta punkts?

– Vai šāds izvietojums parasti nodrošina stabilitāti?

– Vai slieču liekuma rādiusam ir kāda ietekme uz stabilitāti?

– Kāds ir masas centra un kāds atbalsta punkta horizontālais pārvietojums, priekšmetam šūpojoties? Salīdzini tos!

– Kāds kādam plecam pieliktais spēks griež priekšmetu atpakaļ uz līdzsvara stāvokļa pusi?

Līdzsvara stāvoklī priekšmeta masas centrs atrodas virs atbalsta punkta. Tomēr līdzsvars ir stabils. **Par to jāpateicas balsta lokveida formai ar pietiekami lielu liekuma rādiusu.** Nedaudz sagāžot priekšmetu uz jebkuru pusi šūpošanās plaknē, **atbalsta punkts pārvietojas sagāzuma virzienā vairāk nekā smaguma centrs.** Gravitācijas spēks ar šīs pārvietojumu starpības plecu veido spēka momentu, kas griež priekšmetu atpakaļ uz līdzsvara stāvokļa pusi.

A3 Uzvedinoši jautājumi:

– Cik augstu virs grīdas jāatrodas slieču liekuma centram?

– Ar ko jāsalīdzina šis augstums, lai izdarītu secinājumus par priekšmeta stabilitāti?

– Virs kāda nozīmīga punkta vienmēr atrodas slieces liekuma centrs?

Balsta rādiusam jābūt vismaz **tik lielam, lai liekuma centrs atrastos virs smaguma centra**. Pretējā gadījumā priekšmets gāzīsies, nevis šūposies

B1 Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda spēka klātbūtne rada atšķirības starp šīm situācijām? Kāda virziena masas centra kustību šī spēka neesamība padara neiespējamu?

– Kā, priekšmetam svārstoties, tādā gadījumā kustētos masas centrs?

Uz ideāli slīdošas virsmas svārstību procesā **masas centrs pārvietotos tikai vertikāli**. Viss priekšmets grozītos uz vietas, tikai nedaudz cilājoties. **Uz absolūti neslīdošas virsmas masas centrs ne tikai cilātos, bet vēl lielākā mērā svārstītos arī horizontāli**, kopumā aprakstot liektu līniju ar augstākajiem punktiem tās galos.

B2 Uzvedinoši jautājumi:

– Cik daudz slīdēšanas posmu eksperimentā uz grīdas spēj saskatīt vai paredzēt?

– Kādēļ otrajā svārstību ceturtdaļperiodā priekšmets veic negaidītu "izrāvienu" uz priekšu?

– Kādēļ uz gumijas paklājiņa svārstības (līdz norimst) vērojamas ilgāk?

– Kādas ir atgriezējspēka lielākās vērtības kustībā uz gumijas salīdzinājumā ar maksimāli sasniedzamajām berzes spēka vērtībām uz grīdas?

– Kuros svārstību kustības brīžos berzes spēkam šāds salīdzinājums ir visnelabvēlīgākais?

– Kuros stāvokļos berzes spēkam jābūt vislielākajam (lai notiktu svārstības, nevis slīdēšana), bet tā maksimāli sasniedzamā vērtība ir vismazākā? Kāpēc mazākā?

Ja uz grīdas priekšmetu sagāžam pārāk daudz, kustībā drīz sākas strauja slīdēšana, smaguma centra pazemināšanās, kustoties gandrīz vertikāli lejup, un priekšmetam pagriežoties. Šajā posmā daudz priekšmeta mehāniskās potenciālās enerģijas pāriet siltumā. Tad uz īsu brīdi slīdēšana beidzas, lai tūdaļ atjaunotos pretējā virzienā, jo priekšmets ir iegriezies un tomēr arī nedaudz ieskrējies. Šīs griešanās un skrējiena apturēšanai berzes spēks atkal izrādās par mazu, un priekšmets otrreiz sāk slīdēt, veicot negaidītu "izrāvienu" uz priekšu. **Tikai tad, kad slīdēšana beidzas, var sākties periodiska svārstību kustība ar pietiekami mazu amplitūdu, pie kuras izslīdēšanas vairs nav iespējama.**

Uz reālas grīdas šādas svārstības bez slīdēšanas var notikt tikai ar mazu amplitūdu, kamēr nepieciešamais horizontālais atgriezējspēks nepārsniedz berzes spēku. Viskritiskākie šajā ziņā ir abi svārstību trajektorijas galējie stāvokļi, kad priekšmets nekustas, bet paātrinājums ir vislielākais. Šim paātrinājumam atbilst vislielākā horizontālā atgriezējspēka vērtība, kurai pārsniedzot berzes spēka vērtību sākas izslīdēšana. Šajos maksimālās novirzes punktos arī berzes spēka maksimālā iespējamā vērtība ir vismazākā: maksimālā miera berzes spēka vērtība ir vienāda ar priekšmeta svara reizinājumu ar berzes koeficientu, savukārt maksimālās novirzes punktos ir vislielākais virzes kustības paātrinājums lejup, līdz ar to arī svara vērtība ir minimāla.

C

C1 Uzvedinoši jautājumi:

– Vai griešanās ap vertikālu asi sākas uzreiz, nevis paātrinoties līdz šādam griešanās ātrumam?

– Vai tiešām paātrinājums var būt bezgalīgs? Kāpēc tomēr šī kustības izpausme pati par sevi ir bez inerces un sākas uzreiz?

– Centies iedziļināties spararata kustības izmaiņās Zemes gravitācijas laukā (jo priekšmets tomēr ļoti lēni gāžas). Mēģini sadalīt spararata rotāciju komponentēs vai apskati atsevišķi tās projekcijas!

Ar iegrieztu spararatu priekšmets uzreiz ātri nekrīt, bet rotē ap vertikālu asi. To sauc par žiroskopisko precesiju.

Šī kustība pati ir tikai citas kustības izmaiņu kompensācija. Tā kā līdzsvars ir labils, novirze no tā rada gravitācijas spēka momentu, kas šo novirzi palielina. Taču ātri iegriezta spararata inerce ir milzīga. Tā izpaužas arī tā, ka ir grūti izmainīt spararata rotācijas ass orientāciju telpā. Gravitācijas spēka moments tikai ārkārtīgi lēni spēj pagriezt šo asi. Mainoties ass virzienam, mainās arī spararata impulsa momenta projekcija horizontālajā plaknē (komponente ap vertikālo asi). Tā kā priekšmetam kopumā šai projekcijai jāsaglabājas, tas griežas pretējā virzienā, kompensējot spararata rotācijas projekcijas izmaiņas.

C2 Uzvedinoši jautājumi:

– Ar ko gravitācijas spēka moments atšķiras no iepriekšējā gadījumā aplūkotā?

– Kurā virzienā tagad mainās spararata impulsa momenta projekcija horizontālajā plaknē?

– Kā tas kompensējas, ja griešanās ap vertikālu asi ir brīva?

Ja priekšmetu atlaiž otrpus līdzsvara stāvokļa, **tas precesē pretējā virzienā**, jo gravitācijas spēka moments lēni griež spararata asi uz otru pusi, un spararata impulsa momenta projekcijas izmaiņas horizontālajā plaknē ir pretējas.

D

D1 Uzvedinoši jautājumi:

– Ar ko situācija būtiski atšķiras no gadījuma C?

– Vai priekšmets var brīvi griezties ap vertikālu asi?

– Kāds spēks līdz ar to jāņem vērā? Vai uz abām sliecēm tas darbojas vienā virzienā? Vai tas veido plecu arī griešanai ap horizontālu asi?

Sasniedzot kādu pacelšanas augstumu, tas vairs neatgriežas stabilajā līdzsvara stāvoklī uz divām sliecēm, bet noguļas uz sāniem. Tas parasti atgādina procesu pēc malas pacelšanas pāri līdzsvara punktam, tikai pateicoties berzes spēkam beidzas ātrāk.

Uz ideālas slīdošas virsmas priekšmets precesētu ap vertikālo asi, kas iet caur tā smaguma centru. **Berze uz reālas virsmas veido spēka momentu, kurš pagriež priekšmetu uz sāniem.** Ja berze ir nepietiekami liela vai priekšmetu esam palaiduši vaļā nelielā augstumā, tad tas **pēc dažu piruešu veikšanas atgriežas stāvoklī uz divām sliecēm.**

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Paātrināta taisnlīnijas kustība: pārvietojums, ātrums, paātrinājums.
- Ķermeņu mijiedarbība un spēki – berzes spēks, balsta reakcijas spēks, Spēka moments.
- Gravitācija un ķermeņu kustība gravitācijas laukā. Ķermeņa svars. Gravitācijas likums.
- Kustības impulss. Spēka impulss. Enerģijas un impulsa nezūdamības likums.
- Mehāniskās svārstības un viļņi: svārstību periods un frekvence, koordināta, ātrums un paātrinājums harmoniskās svārstībās.
- Absolūti cieta ķermeņa rotācija ap asi: apriņķošanas periods, leņķiskais ātrums, lineārais ātrums, centrtieces paātrinājums un centrtieces spēks. Leņķiskais moments, tā saglabāšanās (ap vienu fiksētu asi). Spēka moments pret rotācijas asi. Spēku saskaitīšana un sadalīšana komponentēs. Absolūti cieta ķermeņa līdzsvara nosacījumi. Inerces moments. Šteinera teorēma, rotācijas dinamikas pamatlikums.

Uzdevuma atrisināšanai (izskaidrošanai) skolēnam jāprot:

- novērot, prognozēt, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita – A1;
- salīdzina, analizē, izskaidro cēloņus – C2;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē (paplašināta abstrakcija) – A2, A3, B1, B2, C1, D1.

V2019-10-E. SVĒRŠANA AR DIEGIEM

1. **Uzvedinoši padomi**:

– Izmanto galda garāko malu (kas pārkārusies galda sāniem), kurai var uzkārt diegu!

– Ieteicams iekārtu veidot tā, lai kāda diega posma sastiepuma spēka (abos galos, protams) moduļa attiecība pret balsta un atsvara smaguma spēka moduļiem būtu vienāda ar iekārtā viegli izmērāmu attālumu attiecību. Visērtāk, ja šis diega posms ir horizontāls.

– Otru diegu ar uzgriežņiem galos var lietot kā vertikālā virziena atskaites līniju, pret kuru ērti mērīt attālumus.

– Uzraksti formulu balsta masas noteikšanai!

– Ja neredzi to uzreiz, tad raksti vienādojumu sistēmu ar smaguma spēkiem, sastiepuma spēkiem un to komponentēm, izmērītajiem attālumiem, un atrisini to!

Izveido iekārtu betona balsta masas mērīšanai (redzama 385. attēlā).

385. att.

- Diega gali sasieti kopā. Tas $1^1/_2$ reizes aptīts ap galda virsmas malu (lai neslīdētu). Atlikusī $^1/_2$ diega vijuma nokarājas brīvi zemāk.
- Šajā pusvijumā iesiets balsts un atsvars tā, lai diega gabals starp tiem būtu horizontāls (to viegli ieregulēt, velkot visu diegu uz vajadzīgo pusi). Ap galdu aptītais diegs ar iesieto atsvaru un balstu veido trapeci.
- Uzgriežņi iesieti cita diega gabala galos, kas karājas uz galda malas blakus cilpai.

2. Izmēra, par kādu attālumu *a* atsvars novirzījies no vertikālās līnijas (diega ar uzgriezni) no galda gala, un par kādu attālumu *b* novirzījies balsts no vertikālās līnijas (otra diega gala ar uzgriezni).

3. Eksperimentu atkārto vairākas reizes, iegūstot attiecīgas *a* un *b* vērtības. Datus apkopo tabulā un atliek grafikā, katru attālumu atliekot uz savas ass, ņemot vērā mērījumu kļūdu.

4., 5.

No iegūtā grafika nosaka attiecību a/b un aprēķina betona balsta masu.

- Attālumi *a* un *b* raksturo diega trapeces horizontālās daļas sastiepuma spēka moduļa attiecību pret to smaguma spēku moduļiem, kas darbojas uz atsvaru un balstu.

Tāpēc

$$m_b = m_a \frac{a}{b}$$

- Ja nesaskata to uzreiz, tad raksta vienādojumus diega trapeces slīpo sānu daļu sastiepuma spēku komponentēm un smaguma spēkiem:

$$T_{ax} = -T_{bx}$$
$$T_{ay} = -m_a g$$
$$T_{by} = -m_b g$$

Ņemot vērā, ka

$$\frac{a}{h} = \frac{T_{ax}}{T_{ay}} \text{ un } \frac{b}{h} = \frac{T_{bx}}{T_{by}}$$

kur *h* – attālums no galda apakšas līdz horizontālajam diegam (jeb trapeces augstums), apvienojot šīs izteiksmes un ievietojot spēku moduļus, iegūst

$$h = \frac{aT_{ay}}{T_{ax}} = \frac{bT_{by}}{T_{bx}}$$
$$\frac{am_a g}{T_{bx}} = \frac{bm_b g}{T_{bx}}$$
$$am_a = bm_b$$
$$m_b = m_a \frac{a}{b}$$

Vērtēšanas kritēriji

1. Uzskicēta izveidotā eksperimenta iekārta – 1 punkts.
2. Aprakstīts iekārtas darbības princips – 1 punkts.
3. Atrasta un pamatota sakarība – 2 punkti.

$$m_b = m_a \frac{a}{b}$$

4. Secinājumi par iekārtas precizitāti:
   - Ja attālumi *a* un *b* ir pārāk mazi, tad kļūdas relatīvā ietekme ir lielāka – 1 punkts.
   - Ja trapeces īsākā horizontālā mala ir pārāk īsa, nevar būt pārliecināts, ka trapeces abi pamati ir horizontāli – 0,5 punkti.
   - Diega trapeces augstums *h* būtiski neiespaido mērījumu precizitāti – 0,5 punkti.
5. Mērījumu dati atlikti grafikā, ņemot vērā mērījumu kļūdas (kļūdu kvadrāti grafikā) – 1 punkts.
   - Nosakot attiecību *a/b*, taisne tiek zīmēta caur kļūdu kvadrātu vidu, visvairāk ņemot vērā optimālās *a* un *b* vērtības (kuras nav pārāk atšķirīgas no *h* vērtības) – 1 punkts.
6. Iegūtais skaitliskais rezultāts:
   - Ja noteiktā masa nepārsniedz 8 g kļūdas robežu – 2 punkti.
   - Ja noteiktā masa ir ar kļūdu starp 8 g un 20 g – 1 punkts.
   - Ja kļūda ir vairāk nekā 20 g – 0 punkti.

!!! Balstu masas ir atšķirīgas. Pēc balsta numura tā precīzā masas vērtība jāatrod tabulā.

Nr	*m*, g	Nr	*m*, g	Nr	*m*, g	Nr	*m*, g	Nr	*m*, g	Nr	*m*, g
1.	263,4	6.	259,6	11.	257,7	16.	264,2	21.	262,3	26.	270,6
2.	264,6	7.	260,3	12.	270,2	17.	269,1	22.	269,0	27.	230,7
3.	270,6	8.	273,1	13.	257,7	18.	253,9	23.	281,0	28.	216,6
4.	270,5	9.	283,9	14.	265,1	19.	269,6	24.	259,8	29.	208,3
5.	274,1	10.	269,9	15.	269,4	20.	269,2	25.	271,0		

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Fizikāli mērījumi un mērvienības. Eksperimenta plānošana, datu apstrāde un analīze.
- Ķermeņu mijiedarbība un spēki – elastības spēks. Gravitācija. Ķermeņa svars. Brīvās krišanas paātrinājums. Spēku saskaitīšana un sadalīšana komponentēs. Absolūti cieta ķermeņa līdzsvara nosacījumi.

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam jāprot:

- Plānot eksperimentu, eksperimentēt, novērot, mērīt, prognozēt, noteikt lielumus, iegūt datus, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- rada, iztēlojas, prognozē, izvirza hipotēzes, izvērtē, vispārina, teoretizē, reflektē (paplašināta abstrakcija).

11. klase

V2019-11-1. UGUNSDZĒSĪBAS SMIDZINĀTĀJS

A Palielinoties temperatūrai, notiek etanola šķīduma termiskā izplešanās, kuras dēļ gaisa burbuļa tilpums samazināsies. Etanola šķīduma tilpums 68 °C temperatūrā:

$$V = V_0(1 + \beta\Delta t) = 0{,}5 \cdot (1 + 750 \cdot 10^{-6} \cdot 50) = 0{,}51875 \text{ ml}$$

Gaisa burbuļa tilpums 68 °C temperatūrā: $V_b = 0{,}52 - 0{,}51875 = 0{,}00125$ ml

Gaisa radītais spiediens ampulā 68 °C temperatūrā:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$p_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 V_2} = \frac{10^5 \cdot 0{,}02 \cdot 341}{291 \cdot 0{,}00125} = 18{,}75 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

B Vienādojumi piesātināta tvaika spiedienam temperatūrām $T_1 = 78\ °C$ un $T_2 = 68\ °C$:

$$\begin{cases} \ln p_1 = A - \dfrac{L}{RT_1} \\ \ln p_2 = A - \dfrac{L}{RT_2} \end{cases}$$

$$\ln p_2 - \ln p_1 = A - \frac{L}{RT_2} - A + \frac{L}{RT_1}$$

$$\ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) = \frac{L}{RT_1} - \frac{L}{RT_2}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = e^{\frac{L}{RT_1} - \frac{L}{RT_2}}$$

$$p_2 = p_1 e^{\frac{L}{RT_1} - \frac{L}{RT_2}}$$

$$p_2 = 10^5 e^{\frac{38{,}56\cdot 10^3}{8{,}31\cdot 351} - \frac{38{,}56\cdot 10^3}{8{,}31\cdot 341}} = \mathbf{6{,}78 \cdot 10^4\ Pa}$$

Piezīme: vērtējot risinājumus, 1 punkts tiek piešķirts, ja skolēns demonstrē izpratni par to, kā jautājuma formulējumā dotos datus izmantot vienādojumā sastādīšanai: $\ln p_1 = A - \frac{L}{RT_1}$, kur $p_1 = 10^5$ Pa un $T_1 = 351\ K$, 1 punkts – par prasītā spiediena izteikšanu, 1 punkts – par aprēķinu veikšanu un pareizā rezultāta iegūšanu.

C Gaisa burbulis virs etanola šķīduma ir daudzu gāzu maisījums, un to spiedienu veido visu gāzu maisījumu spiedienu summa. Atsevišķo gāzu spiedienus sauc par parciālajiem spiedieniem. Gāzu maisījuma spiedienu nosaka Daltona parciālspiedienu likums, ko var formulēt šādi: **gāzu maisījuma spiediens ir visu maisījumā esošo gāzu parciālo spiedienu summa**.

D Mainoties temperatūrai, termiskās izplešanās dēļ mainās etanola šķīduma tilpums, šo procesu apraksta sakarība:

$$V_{šķ} = V_{0\,šķ}(1 + \beta(T_2 - T_1))$$

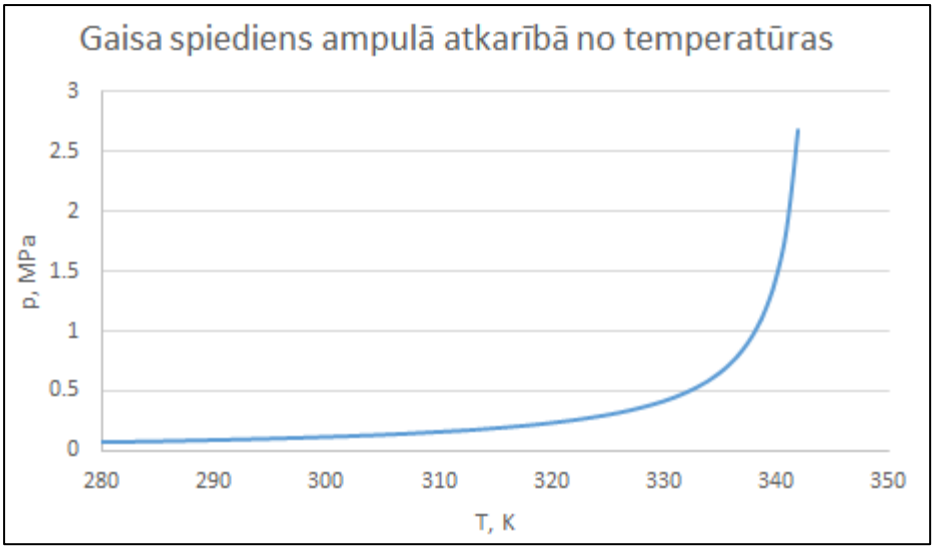
Etanola šķīduma tilpuma izmaiņa ietekmē gaisa tilpumu ampulā:

$$V_2 = V_1 - \left(V_{0\,šķ}\left(1 + \beta(T_2 - T_1)\right) - V_{0\,šķ}\right) = V_1 - V_{0\,šķ}\beta(T_2 - T_1)$$

Uzrakstīsim ideālās gāzes stāvokļa vienādojumu gaisam ampulā:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$p_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{V_2 T_1} = \frac{p_1 V_1 T_2}{(V_1 - V_{0\,šķ}\beta(T_2 - T_1))T_1} = \frac{10^5 \cdot 0{,}1833 T_2}{344{,}3 - T_2}$$



386. att.

Pēc iegūtās formulas un grafika (386. att.) var secināt, ka temperatūrai tuvojoties 344,3 K, spiediens tiecas uz bezgalību, tātad, ampula saplīsīs aptuveni pie **344 K**.

Piezīme: vērtējot risinājumus, 1 punkts tiek piešķirts par iegūto sakarību starp gaisa spiedienu ampulā un temperatūru, 1 punkts par atbilstošā grafika konstruēšanu (0,5 p.) un to, ka konstruētajā grafikā redzams, ka spiediens tiecas uz bezgalību (0,5 p.), 1 punkts par ampulas saplīšanas temperatūras korektu novērtējumu.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Vielu siltumīpašības – šķidrumu izplešanās (jautājumi A, D), parciālspiediens (jautājums C).
- Gāzu likumi – ideālās gāzes stāvokļa vienādojums (jautājumi A, D).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi A, B, D);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi A, B);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi A, B, D);
- interpretē informāciju no grafikiem, diagrammām un tabulām (jautājums D).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, identificē, veic vienkāršu darbību – C jautājums;
- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – A, B jautājums;
- sasaista, analizē, pielieto – D jautājums.

Uzdevuma atrisināšanai nepieciešama izpratne par šķidrumu un gāzu mehāniskajām un siltuma īpašībām, gāzes termodinamiskiem parametriem, to mērvienībām un sakarībām. Jādemonstrē izpratne par gāzu parciālspiedienu un gāzu maisījuma spiedienu (Daltona parciālspiedienu likums). Daudzos jautājumos atrisināšanai nepieciešamā informācija ir sniegta pašu jautājumu formulējumos, skolēniem jāspēj izmantot to, veidojot fizikāli un matemātiski pamatotus spriedumus. Jāprot pārveidot funkcionālās sakarības starp lielumiem, darboties ar logaritmiem, risināt logaritmiskos vienādojumus, konstruēt un analizēt grafikus.

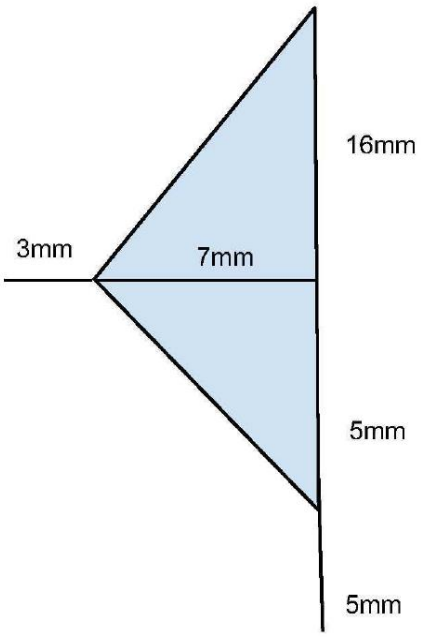
V2019-11-2. SĀLS

A No dotā 199. attēla var redzēt, ka katrs Na atoms pieder astoņām šūnām un arī katrs Cl atoms pieder astoņām šūnām.

B Uzvedinoši jautājumi

– Cik liela ir NaCl molmasa?

– Ko var pateikt par NaCl molekulu skaitu un šūnu skaitu vielā?



387. att.

Vienu Na un Cl pāri sauksim par molekulārvienību. Tās molmasa ir M = 58,5 g/mol. Molekulārvienību skaitu materiālā apzīmēsim ar N. No sakarībām $m = \rho V$ un $\frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$ var izteikt $N = \frac{mN_A}{M} = \frac{\rho V N_A}{M}$. Ja molekulārvienības nebūtu savstarpēji saistītas kristālrežģī, katrai molekulārvienībai atbilstu tilpums $V^* = \frac{V}{N} = \frac{M}{\rho N_A} = 4{,}48 \cdot 10^{-29}$ m^3, bet esošajā situācijā šūnas tilpuma noteikšanai jāanalizē kristālrežģa uzbūve. Vienā šūnā ir ietvertas četras šādas molekulārvienības, katra no kurām pieder četrām šūnām un vēl astoņām pieder katrs molekulārvienību veidojošs atoms, tāpēc uz vienu šūnu ir 0,5 molekulārvienības tilpuma daļas. Tāpēc šūnas tilpums

$$V_0 = \frac{M}{2\rho N_A} = \mathbf{2{,}24 \cdot 10^{-29}\ m^3}.$$

C Pieņemsim, ka lūzumi ir perpendikulāri plāksnes lielākajai skaldnei. Tad var tuvināti pieņemt, ka lūzumu projekcijas ir tādas, kā redzams 387. attēlā [izmērus nolasām no 200. attēla].

Divu taisnleņķa trijstūru hipotenūzas ir 17,5 mm un 8,6 mm.

Kopējais lūzumu garums:

$$l = 3 + 17{,}5 + 8{,}6 + 16 + 5 + 5 \approx 55\ mm$$

un kopējais saskarvirsmas laukums: $S = lh = 55 \cdot 1 = \mathbf{55\ mm^2}$

Protams, lūzumu kopējo garumu var mērīt arī tieši (izmantojot mērogu).

D Uzvedinoši jautājumi

– Kā, zinot kubiskās šūnas tilpumu, var izteikt tās skaldnes laukumu?

– Cik saites ietilpst katras šūnas vienā skaldnē un cik lūzuma robežskaldnēs ietilpst viena saite?

– Kāda ir sakarība starp lūzuma robežskaldnēm un pārrautām saitēm?

Pieņemsim, ka lūzumi iet pa kristālrežģa skaldnēm. Tā kā vienas kubiskās šūnas vienas skaldnes virsmas laukums ir

$$S_0 = \sqrt[3]{V_0}^2 = 7{,}95 \cdot 10^{-20}\ \text{mm}^2$$

tad lūzuma virsma sašķeļ

$$N_1 = \frac{S}{S_0} = 6{,}92 \cdot 10^{14}\ \text{šūnas.}$$

Katrai šūnai tad tiek sarautas 4 ķīmiskās saites, bet katra saite ir ieskaitīta 4 šūnās, tātad efektīvi tiek sarauta viena ķīmiskā saite uz šūnu. Līdz ar to atbilde ir $N_1 = \mathbf{6{,}92 \cdot 10^{14}}$.

E Uzvedinošs jautājums:

– Cik saites tiek pārrautas uz vienu molekulārvienību iztvaikošanas procesā?

Ķīmiskās saites enerģiju var novērtēt, aplūkojot iztvaikošanas procesu. Tā kā iztvaikojot NaCl pārvēršas molekulārajā gāzē, tad attiecībā pret vienu molekulārvienību tiek sarautas visas saites, izņemot vienu.

B punkta risinājumā redzējām, ka šūnu skaits ir divreiz lielāks par molekulārvienību skaitu. Savukārt katra šūna ietver 12 ķīmiskās saites, bet katra saite ir ieskaitīta 4 šūnās, tātad efektīvi šūna ietver 3 saites. Tātad, uz vienu molekulārvienību tiek sarautas $3 \cdot 2 - 1 = 5$ saites.

Molekulārvienību skaits ir $N = \frac{mN_A}{M}$ (skatīt B punkta risinājumu). Tad sarauto saišu skaits ir N_{SS} =5N. Ņemot vērā, ka $Q = Lm$, sarauto saišu skaits ir $N_{SS} = \frac{5QN_A}{LM}$
un vienas saites saraušanai nepieciešamā enerģija

$$E_0 = \frac{Q}{N_{SS}} = \frac{LM}{5N_A} = \frac{3{,}927 \cdot 10^3 \cdot (23 + 35{,}5)}{5 \cdot 6 \cdot 10^{23}} = \mathbf{7{,}6 \cdot 10^{-20}\ J}$$

Piezīmes:

1) Var ieskaitīt arī rupjāku novērtējumu, kurā pieņem, ka iztvaikojot tiek sarautas visas 6 saites. Rezultējošā enerģijas vērtība būs ar to pašu lieluma kārtu kā E_0.
2) Iegūtais novērtējums nav precīzs, jo ķīmiskā saite, kas ir molekulārajā gāzē, ir daudz stiprāka par vidējo saites stiprumu kristālrežģī. (T. i., liela daļa kristālrežģa saišu enerģijas pēc iztvaikošanas ir koncentrēta šajā saitē.) Precīzākam novērtējumam var, piemēram, apskatīt nepieciešamo enerģiju procesam, kad NaCl tiek sadalīts jonos: $NaCl(c) \rightarrow Na^+(g) + Cl^-(g)$.

F Plāksnes potenciālā enerģija kritiena sākumā

$$E = \rho V g h = 2{,}17 \cdot 10^{-3} \cdot (25 \cdot 75 \cdot 1) \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}5 = 0{,}0598\ \text{J}$$

Šī enerģija izdalījās sadursmē ar grīdu un no tās saišu saraušanai tika patērēts

$$\eta = \frac{N_1 E_0}{E} = \frac{6{,}926 \cdot 10^{14} \cdot 7{,}6 \cdot 10^{-20}}{0{,}0598} = 0{,}00088 = \mathbf{0{,}088}\ \%$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Vielas uzbūve – masa, tilpums, blīvums, molmasa, vielas daudzums (jautājums B).
- Vielu siltumīpašības – iztvaikošana, īpatnējais iztvaikošanas siltums (jautājums E).
- Enerģija un impulss – virs zemes paceltā ķermeņa potenciālā enerģija, enerģijas nezūdamības likums (jautājums F).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājums E);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi B, E, F);
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības (jautājumi C, D);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi B, E, F);
- interpretē informāciju no attēliem (jautājumi A, B, C, D, E);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājums F).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, identificē, veic vienkāršu darbību – A jautājums;
- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – C, D, F jautājumi;
- salīdzina, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista – E jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – B jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jāanalizē tekstā un attēlos dotā informācija. Jābūt labai telpiskai iztēlei un loģiskai domāšanai, lai saskatītu un definētu sakarības starp ķīmisko saišu, molekulu un šūnu skaitu uzdevumā. Nolasot un interpretējot informāciju no attēliem, jāizvērtē pieļaujamas tuvinājumu robežas. Jāpielieto matemātikas zināšanas un prasmes (laukuma aprēķināšana, Pitagora teorēma, sakarība starp kuba tilpumu un skaldnes laukumu). Jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības un veikt aprēķinus, izmantojot darbības ar pakāpēm.

V2019-11-3. DZĪVSUDRABS

A Uzvedinošs jautājums:

– Vai atcerējies pieskaitīt atmosfēras spiedienu?

Uz dzīvsudrabu no augšpuses spiež atmosfēra ar spiedienu p_0 un no apakšas spiež vienatomu gāze ar spiedienu p_1. Šo spiedienu starpībai jābūt vienādai ar dzīvsudraba radīto hidrostatisko spiedienu

$$p_1 - p_0 = \rho g \frac{h_0}{2}$$

Iegūstam, ka vienatomu gāzes spiediens ir

$$p_1 = p_0 + \rho g \frac{h_0}{2} = 100{,}9 \cdot 10^3 + 13534 \cdot 9{,}81 \cdot \frac{1{,}52}{2} = 100{,}9 \cdot 10^3 + 100904 = \mathbf{201{,}8 \cdot 10^3\ Pa}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

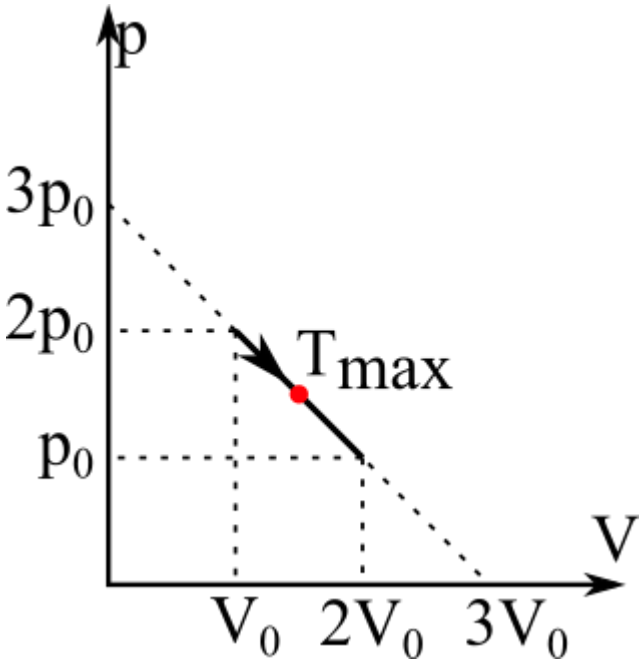
– Kā mainīsies dzīvsudraba stabiņa augstums, ja gāze aizņems lielāku tilpumu?

– Kā izmainīsies iepriekšējais rezultāts, ja izmainīsies dzīvsudraba staba augstums?

Apskatīsim situāciju, kad gāze jau ir nedaudz izpletusies. Gāzes tilpums ir $V = Sh$, kur S ir trauka pamata laukums un h ir augstums, līdz kuram atrodas gāze (virs šī augstuma atrodas dzīvsudrabs). Dzīvsudraba radītais spiediens ir $p_{Hg} = \rho g(h_0 - h)$. Kopējais spiediens uz gāzi ir $p = p_0 + p_{Hg} = p_0 + \rho g h_0 - \rho g h$, kas vienāds ar pašas gāzes radīto spiedienu. Der pamanīt, ka dotie lielumi izvēlēti tā, ka $\rho g h_0 = 2p_0$, tāpēc $p = 3p_0 - \rho g h$, kas ir lineāra funkcija (no augstuma h).

Apskatīsim dažus kritiskos punktus:

- Krustpunkts ar p asi ir punktā $h = 0$ un $p = 3p_0$
- Procesa sākums ir punktā $h = \frac{h_0}{2}$ un $p = 2p_0$
- Procesa beigas ir punktā $h = h_0$ un $p = p_0$
- Krustpunkts ar V asi ir punktā $p = 0$ un $h = \frac{3h_0}{2}$, kur tilpums ir proporcionāls augstumam $V = Sh$



388. att.

Ja mēs zīmētu izotermas, tad būtu viena izoterma, kas pieskaras mūsu uzzīmētajai taisnei (skat. **388. att.**) un tā pieskartos tieši punktā T_{max}. Precīza T_{max} punkta aprēķināšana pieejama zemāk.

Īsāks risinājums:

Atliekam procesa sākuma un beigu punktus un uzvelkam taisni, kas tos savieno, jo šajā procesā spiediens ir lineāri atkarīgs no spiediena. T_{max} atrašanu tas nemaina.

Piebilde:

Pilnīgi precīzi, ņemot vērā F punkta atbildi – grafiks pēc F punktā izrēķinātā punkta vairs nebūtu taisne, bet adiabāta, jo pēc šī punkta gāze izplešas strauji, bez siltumapmaiņas ar apkārtējo vidi. Lai gāzes izplešanās sakarība būtu lineāra, gāze būtu jādzesē.

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda ideālai gāzei ir saistība starp spiedienu tilpumu un temperatūru?

– Kādam nosacījumam jāizpildās spiedienam un tilpumam, lai temperatūra būtu maksimāla? Var izmantot vai nu īpašību, ka kvadrātiskai funkcijai virsotne atrodas pa vidu starp abām saknēm, vai īpašību, ka, ja saskaitāmo summa paliek nemainīga, tad saskaitāmo reizinājums ir maksimāls, ja reizinātāji ir vienādi.

Izmatojot iepriekš iegūto spiediena atkarību $p = 3p_0 - \rho g h$ varam uzrakstīt ideālas gāzes stāvokļa vienādojumu $pV = \nu RT$ formā, kur parādās atkarība tikai no augstuma un temperatūras:

$$(3p_0 - \rho g h)Sh = \nu RT$$

$$\left(3\frac{p_0}{\rho g} - h\right)h = \frac{\nu R}{\rho g S}T$$

$$\left(\frac{3}{2}h_0 - h\right)h = \frac{\nu R}{\rho g S}T$$

Varam pamanīt, ka *T* ir kvadrātiska funkcija no *h*, kur pie kvadrātiskā locekļa ir negatīvs koeficients, kas nozīmē, ka dotajai funkcijai zari ir vērsti uz leju un eksistē maksimums. Ir dažādi veidi, kā atrast šo maksimumu.

Piemēram, kvadrātiskai funkcijai maksimums atrodas pa vidu starp abām nullēm (*T* nav obligāti būt nullei, bet abām *h* vērtībām jāatbilst vienai *T* vērtībai). *T* = 0, ja *h* = 0 vai $h = \frac{3h_0}{2}$. Tas nozīmē, ka maksimums ir punktā $h = \frac{3h_0}{4} = \frac{3 \cdot 1{,}52}{4} =$ **114 cm**, kas arī ir prasītais gāzes stabiņa augstums.

Alternatīvs risinājums

Var arī izmantojot īpašību, ka taisnstūra ar nemainīgu perimetru vislielākais laukums ir tad, ja abas malas ir vienādas. Kā viena mala mums būs $\frac{V}{V_0}$ un otra mala būs $\frac{p}{p_0}$. No grafika redzam, ka šajā procesā $\frac{V}{V_0} + \frac{p}{p_0} = 3$ paliek nemainīgs lielums. Tāpēc $\frac{p}{p_0} \cdot \frac{V}{V_0}$ būs maksimāls, ja $\frac{V}{V_0} = \frac{p}{p_0} = \frac{3}{2} = 1{,}5$. Pareizinot šo rezultātu ar sākotnējo augstumu iegūstam $h = 76 \cdot 1{,}5 =$ **114 cm**

D Uzvedinošs jautājums:

– Kādā skalā jāizvēlas temperatūra?

Ievietojot iegūto *h* vērtību *T* izteiksmē (C punkta atrisinājums), iegūstam

$$\frac{\nu R}{\rho g S} T_{max} = \frac{9h_0^2}{16}$$

Ir zināms, ka sākuma momentā $h = \frac{h_0}{2}$ un $T_0 = 23$ °C = 296 K

No šīm vērtībām varam iegūt, ka

$$\frac{\nu R}{\rho g S} = \frac{1}{T_0}\left(\frac{3h_0}{2} - \frac{h_0}{2}\right)\frac{h_0}{2} = \frac{h_0^2}{2T_0}$$

Iegūstam, ka maksimālā gaisa temperatūra ir

$$T_{max} = \frac{\rho g S}{\nu R}\frac{9h_0^2}{16} = \frac{9}{8}T_0 = \mathbf{333\ K\ =\ 60\ °C}$$

Alternatīvs risinājums

Sākuma punktā $pV = 2\ p_0V_0$, kas atbilst temperatūrai $T_1 = 296$ K. Pie maksimālās temperatūras $pV = 1{,}5p_0 \cdot 1{,}5V_0 = 2{,}25\ p_0V_0$, kas atbilst $T_{max} = \frac{2{,}25}{2}T_1 =$ **333 K**

E Uzvedinoši jautājumi:

– Ja gāzei pievada siltumu, kur šis siltums paliek (nosauc divas iespējas)? Kādā gadījumā pievadītais siltums būs negatīvs?

Pievadītais siltums var pāriet gāzes iekšējā enerģijā (temperatūras pieaugumā) vai gāze to var izmantot darba veikšanai. Formāli: $\Delta Q = p\Delta V + \Delta U$, kur ΔQ ir pievadītais siltuma daudzums, ΔU ir iekšējās enerģijas izmaiņa un $p\Delta V$ ir gāzes veiktais darbs izplešoties. Gāzei nav nepieciešams pievadīt siltumu, ja no līdzsvara nosacījumiem mēs iegūstam, ka $\Delta Q < 0$ jeb $\boldsymbol{p\Delta V < -\Delta U}$, kur robežgadījums $p\Delta V = -\Delta U$ atbilst adiabātiskam procesam.

Vārdiem tas skanētu: **gāzes iekšējās enerģijas samazinājums, pārejot no sākotnējā stāvokļa uz jauno, ir lielāks nekā gāzes veiktais darbs**.

F Uzvedinošs jautājums:

– Kāda ir saistība starp temperatūru un iekšējo enerģiju? Līdzībai var noderēt saistība starp ātrumu un koordināti vienmērīgi paātrinātā kustībā.

Ideālas vienatomu gāzes iekšējā enerģija ir $U = \frac{3}{2}\nu RT$ ir atkarīga tikai no temperatūras. Tāpēc

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$$

No C jautājuma risinājuma zināms, ka

$$T = \frac{\rho g S}{\nu R}\left(\frac{3}{2}h_0 - h\right)h$$

kas ir atkarīgs tikai no augstuma *h* (pārējie lielumi ir konstantes).

Varam iegūt, ka

$$\Delta T = \frac{\rho g S}{\nu R}\left(\frac{3}{2}h_0 - 2h\right)\Delta h$$

Piezīme:

Šo rezultātu var iegūt vai nu zinot matemātisko analīzi, vai arī redzot līdzību ar koordinātes vienādojumu: t. i. ja koordināte mainās pēc likuma $x = \mathrm{v}_0 t - \frac{at^2}{2}$, tad momentānais ātrums, kas ir koordinātes izmaiņa laika vienībā maziem laika intervāliem, ir $\frac{\Delta x}{\Delta t} = \mathrm{v} = \mathrm{v}_0 - at$. Tas ir ekvivalenti apgalvojumam $\Delta x = (\mathrm{v}_0 - at)\Delta t$.

Ievietojot iegūto izteiksmi E jautājuma nevienādībā, iegūstam, ka

$$(3p_0 - \rho g h)S\Delta h < \frac{-3}{2}\nu R\left(\frac{\rho g S}{\nu R}\frac{3}{2}h_0 - 2h\right)\Delta h$$

$$3p_0 - \rho g h < \frac{-3}{2}\rho g\left(\frac{3}{2}h_0 - 2h\right)$$

$$3p_0 < \frac{-9}{4}\rho g h_0 + 4\rho g h$$

$$h > \frac{3}{4}\frac{p_0}{\rho g} + \frac{9}{16}h_0 = \frac{3}{4}\frac{h_0}{2} + \frac{9}{16}h_0 = \frac{15}{16}h_0 = \frac{15}{16}\cdot 1{,}52 = 1{,}425\ \mathrm{m} = \mathbf{142{,}5\ cm}$$

Alternatīvs risinājums:

Mums jāatrod punkts, kurā uzdevumā dotā procesa grafiks pieskaras adiabātas grafikam: $p \cdot V^{\gamma} = const$, kur vienatoma gāzei $\gamma = \frac{5}{3}$. Tātad jāatrod maksimālā $p \cdot V^{\gamma}$ vērtība pie nosacījuma, ka $\frac{V}{V_0} + \frac{p}{p_0} = 3$. Kā izrādās, tas izpildās, ja $\frac{V}{V_0}$ ir γ reizes lielāks par $\frac{p}{p_0}$.

Piezīme:

Ja $\gamma = 1$ iegūstam, ka abiem saskaitāmajiem jābūt vienādiem. Ja $\gamma = 2$, varam iedomāties, ka mums ir taisnstūra paralēlskaldnis, kuram divas šķautnes ir $\frac{V}{2V_0}$ un vienas šķautnes garums ir $\frac{p}{p_0}$. Ja visu trīs šķautņu summa tiek turēta konstanta ($\frac{V}{2V_0} + \frac{V}{2V_0} + \frac{p}{p_0} = 3$), tad paralēlskaldņa tilpums būs vislielākais, ja

visas šķautnes būs vienāda garuma un mēs iegūsim kubu. Iegūstam, ka $\frac{p\cdot V^2}{p_0\cdot 4V_0^2}$ ir maksimāls, ja $\frac{p}{p_0}=\frac{V}{2V_0}$. Vispārinot iegūstam, ka $\frac{p}{p_0}=\frac{V}{\gamma V_0}$.

Iegūstam, ka $\frac{V}{V_0}+\frac{V}{\gamma V_0}=3 \Rightarrow \frac{V}{V_0}\left(1+\frac{3}{5}\right)=3 \Rightarrow \frac{V}{V_0}=\frac{15}{8}$. No kurienes iegūstam, ka gāze sāk izplesties bez siltuma pievadīšanas, ja tās augstums pārsniedz $h=\frac{15}{8}\cdot 76\ \text{cm}=$ **142,5 cm**

G Uzvedinošs jautājums:
– Kādā skalā jāizvēlas temperatūra?

Iegūstam, ka temperatūra ir

$$T_A=\frac{\rho g S}{\nu R}\left(\frac{3}{2}h_0-h\right)h=\frac{2T_0}{h_0^2}\left(\frac{3}{2}h_0-\frac{15}{16}h_0\right)\frac{15}{16}h_0=\frac{135}{128}T_0=\frac{135}{128}\cdot 296=\mathbf{312\ K\ =\ 39\ ℃}$$

Alternatīvs risinājums:
Ja $\frac{V}{V_0}=\frac{15}{8}$, tad $\frac{p}{p_0}=\frac{9}{8}$ brīdī, kad gāze sāk izplesties bez siltuma pievadīšanas. Sākuma brīdī $pV=2p_0V_0$, kas atbilst temperatūrai $T_1=$296 K, bet brīdī, kad gāze sāk izplesties bez siltuma pievadīšanas $pV=\frac{9}{8}\cdot\frac{15}{8}p_0V_0=\frac{135}{64}p_0V_0$, kas atbilst temperatūrai $T_A=\frac{135}{64}\cdot\frac{296}{2}=$ **312 K**

Piebilde:
Kā redzams, tad šī temperatūra ir zemāka par maksimālo temperatūru.

Šajā uzdevumā tika apskatīta dīvaina sistēma, kurai temperatūra samazinās pievadot tai siltumu. Jāņem vērā, ka sistēma nav noslēgta, jo dzīvsudrabs izlīst ārā no trauka. Noslēgtai sistēmai (kas nespēj veikt darbu), pievadot siltumu, temperatūra vienmēr pieaugs.

Skaidrojums par uzdevumu:
Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas tēmā – termodinamika:

- Spiediens šķidrumos un gāzēs (jautājumi A, B un netieši pārējais uzdevums).
- Temperatūra (jautājumi D un G un netieši jautājumos B, C, E un F).
- Ideālas gāzes stāvokļa vienādojums (jautājumi C, D, F, G).
- Adiabātisks process, jeb process bez siltuma pievadīšanas (jautājumi E, F un G).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t. sk.

- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājumi E un F);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (viss uzdevums);
- skaidro procesus, lietojot fizikālos modeļus (jautājumi C un E);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi D un G);
- lieto vizuālo un grafisko informāciju fizikālo procesu un likumsakarību attēlošanā (jautājums B);
- veic aprēķinus (jautājumi A, C, D, F un G).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veic darbības pēc algoritma, kombinē atsevišķus elementus – jautājumi A, D, G;
- analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi B, E;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – jautājumi B, C, F.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam nepieciešams zināt hidrostatisko spiedienu un ideālas gāzes stāvokļa vienādojumu. Uzdevuma beigās (jautājumi E, F un G) prasīta izpratne par procesu bez siltuma pievadīšanas jeb adiabātisku procesu. Uzdevuma jautājumus C un F ieteicams aplūkot gadījumā, ja skolēns māk lietot atvasināšanu, lai atrastu ekstrēma punktus. Uzdevuma jautājumus A un B iespējams dot atsevišķi un pēc tam pārrunāt ar skolēniem, kā mainīsies gāzes temperatūra to sildot. Uzdevums ir interesants ar to, ka starp punktos D un F izrēķinātajiem augstumiem, sistēma būs interesantā stāvoklī, kur gāzi sildot gāzes temperatūra samazinās, kas praktiski nav novērojams dabā.

V2019-11-D. SPARARATS ŠŪPOLĒS

A1 Uzvedinoši jautājumi:

– Kādu spēku vai to projekciju (komponenšu) līdzsvaram pateicoties priekšmets atrodas uz grīdas, nevis paceļas vertikāli augšup vai izkrīt cauri grīdai?

– Pateicoties kādam spēkam, priekšmetam šūpojoties, tā masas centrs var svārstīties arī horizontālā virzienā?

Uz priekšmetu darbojas **smaguma spēks, balsta reakcijas spēks** un **berzes spēks**. Šo spēku summa rada masas centra kustību, bet šo spēku radītais spēka moments liek priekšmetam rotēt.

A2 Uzvedinoši jautājumi:

– Kas atrodas augstāk un kas zemāk – masas centrs vai atbalsta punkts? Vai šāds izvietojums parasti nodrošina stabilitāti?

– Vai slieču liekuma rādiusam ir kāda ietekme uz stabilitāti?

– Kāds ir masas centra un kāds atbalsta punkta horizontālais pārvietojums, priekšmetam šūpojoties? Salīdzini tos!

– Kāds kādam plecam pieliktais spēks griež priekšmetu atpakaļ uz līdzsvara stāvokļa pusi?

Līdzsvara stāvoklī priekšmeta masas centrs atrodas virs atbalsta punkta. Tomēr līdzsvars ir stabils. **Par to jāpateicas balsta lokveida formai ar pietiekami lielu liekuma rādiusu.** Nedaudz sagāžot priekšmetu uz jebkuru pusi šūpošanās plaknē, **atbalsta punkts pārvietojas sagāzuma virzienā vairāk nekā smaguma centrs**. Gravitācijas spēks ar šīs pārvietojumu starpības plecu veido spēka momentu, kas griež priekšmetu atpakaļ uz līdzsvara stāvokļa pusi.

A3 Uzvedinoši jautājumi:

– Cik augstu virs grīdas jāatrodas slieču liekuma centram? Ar ko jāsalīdzina šis augstums, lai izdarītu secinājumus par priekšmeta stabilitāti?

– Virs kāda nozīmīga punkta vienmēr atrodas slieces liekuma centrs?

Balsta rādiusam jābūt vismaz **tik lielam, lai liekuma centrs atrastos virs smaguma centra**. Pretējā gadījumā priekšmets gāzīsies, nevis šūposies.

B1 Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda spēka klātbūtne rada atšķirības starp šīm situācijām? Kāda virziena masas centra kustību šī spēka neesamība padara neiespējamu? Kā, priekšmetam svārstoties, tādā gadījumā kustētos masas centrs?

Uz ideāli slīdošas virsmas svārstību procesā **masas centrs pārvietotos tikai vertikāli**. Viss priekšmets grozītos uz vietas, tikai nedaudz cilājoties. **Uz absolūti neslīdošas virsmas masas centrs ne tikai cilātos,**

bet vēl lielākā mērā svārstītos arī horizontāli, kopumā aprakstot liektu līniju ar augstākajiem punktiem tās galos.

B2 Uzvedinoši jautājumi:

– Cik daudz slīdēšanas posmu eksperimentā uz grīdas spēj saskatīt vai paredzēt?

– Kādēļ otrajā svārstību ceturtdaļperiodā priekšmets veic negaidītu "izrāvienu" uz priekšu?

– Kādēļ uz gumijas paklājiņa svārstības (līdz norimst) vērojamas ilgāk?

– Kādas ir atgriezējspēka lielākās vērtības kustībā uz gumijas salīdzinājumā ar maksimāli sasniedzamajām berzes spēka vērtībām uz grīdas?

– Kuros svārstību kustības brīžos berzes spēkam šāds salīdzinājums ir visnelabvēlīgākais?

– Kuros stāvokļos berzes spēkam jābūt vislielākajam (lai notiktu svārstības, nevis slīdēšana), bet tā maksimāli sasniedzamā vērtība ir vismazākā? Kāpēc mazākā?

Ja uz grīdas priekšmetu sagāžam pārāk daudz, kustība sākas ar strauju slīdēšanu, smaguma centra pazemināšanos, kustoties gandrīz vertikāli lejup, un priekšmeta pagriešanos. Šajā posmā daudz priekšmeta mehāniskās potenciālās enerģijas pāriet siltumā. **Tikai tad, kad slīdēšana beidzas, var sākties periodiska svārstību kustība ar pietiekami mazu amplitūdu, pie kuras izslīdēšanas vairs nav iespējama**.

Uz reālas grīdas šādas svārstības bez slīdēšanas var notikt tikai ar mazu amplitūdu, kamēr nepieciešamais horizontālais atgriezējspēks nepārsniedz berzes spēku. Viskritiskākie šajā ziņā ir abi svārstību trajektorijas galējie stāvokļi, kad priekšmets nekustas, bet paātrinājums ir vislielākais. Šim paātrinājumam atbilst vislielākā horizontālā atgriezējspēka vērtība, kurai pārsniedzot berzes spēka vērtību sākas izslīdēšana. Šajos maksimālās novirzes punktos arī berzes spēka maksimālā iespējamā vērtība ir vismazākā: maksimālā miera berzes spēka vērtība ir vienāda ar priekšmeta svara reizinājumu ar berzes koeficientu, savukārt maksimālās novirzes punktos ir vislielākais virzes kustības paātrinājums lejup, līdz ar to arī svara vērtība ir minimāla.

Ar iegrieztu spararatu

C

C1 Pieņemsim, ka priekšmets var pilnīgi brīvi griezties ap vertikālu asi, balstoties uz vienīgo atbalsta punktu (kura stāvoklis gan uz grīdas, gan uz slieces tomēr lēni mainās).

Uzvedinoši jautājumi:

– Vai griešanās ap vertikālu asi sākas uzreiz, nevis paātrinoties līdz šādam griešanās ātrumam?

– Vai paātrinājums var būt bezgalīgs?

– Kāpēc šī kustības izpausme ir bez inerces un sākas uzreiz? Centies iedziļināties spararata kustības izmaiņās Zemes gravitācijas laukā (jo priekšmets tomēr ļoti lēni gāžas). Mēģini sadalīt spararata rotāciju komponentēs vai apskati atsevišķi tās projekcijas!

Ar iegrieztu spararatu priekšmets uzreiz ātri nekrīt, bet rotē ap vertikālu asi. To sauc par žiroskopisko precesiju.

Šī kustība pati ir tikai citas kustības izmaiņu kompensācija. Tā kā līdzsvars ir labils, novirze no tā rada gravitācijas spēka momentu, kas šo novirzi palielina. Taču ātri iegriezta spararata inerce ir milzīga. Tā izpaužas arī tā, ka ir grūti izmainīt spararata rotācijas ass orientāciju telpā. Gravitācijas spēka moments tikai ārkārtīgi lēni spēj pagriezt šo asi. Mainoties ass virzienam, mainās arī spararata impulsa momenta projekcija horizontālajā plaknē (komponente ap vertikālo asi). Tā kā priekšmetam kopumā šai projekcijai jāsaglabājas, tas griežas pretējā virzienā, kompensējot spararata rotācijas projekcijas izmaiņas.

C2 Uzvedinoši jautājumi:

– Ar ko gravitācijas spēka moments atšķiras no iepriekšējā gadījumā aplūkotā?

– Kurā virzienā tagad mainās spararata impulsa momenta projekcija horizontālajā plaknē?

– Kā tas kompensējas, ja griešanās ap vertikālu asi ir brīva?

Ja priekšmetu atlaiž otrpus līdzsvara stāvokļa, **tas precesē pretējā virzienā**, jo gravitācijas spēka moments lēni griež spararata asi uz otru pusi, un spararata impulsa momenta projekcijas izmaiņas horizontālajā plaknē ir pretējas.

D

D1 Uzvedinoši jautājumi:

– Ar ko situācija būtiski atšķiras no gadījuma C?

– Vai priekšmets var brīvi griezties ap vertikālu asi? Kāds spēks līdz ar to jāņem vērā? Vai uz abām sliecēm tas darbojas vienā virzienā? Vai tas veido plecu arī griešanai ap horizontālu asi?

Sasniedzot kādu pacelšanas augstumu, tas vairs neatgriežas stabilajā līdzsvara stāvoklī uz divām sliecēm, bet noguļas uz sāniem. Tas parasti atgādina procesu pēc malas pacelšanas pāri līdzsvara punktam, tikai pateicoties berzes spēkam beidzas ātrāk.

Uz ideālas slīdošas virsmas priekšmets precesētu ap vertikālo asi, kas iet caur tā smaguma centru. **Berze uz reālas virsmas veido spēka momentu, kurš pagriež priekšmetu uz sāniem**. Ja berze ir nepietiekami liela vai priekšmetu esam palaiduši vaļā nelielā augstumā, tad tas **pēc dažu piruešu veikšanas atgriežas stāvoklī uz divām sliecēm**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Paātrināta taisnlīnijas kustība: pārvietojums, ātrums, paātrinājums.
- Ķermeņu mijiedarbība un spēki – berzes spēks, balsta reakcijas spēks, Spēka moments.
- Gravitācija un ķermeņu kustība gravitācijas laukā. Ķermeņa svars. Gravitācijas likums.
- Kustības impulss. Spēka impulss. Enerģijas un impulsa nezūdamības likums.
- Mehāniskās svārstības un viļņi: svārstību periods un frekvence, koordināta, ātrums un paātrinājums harmoniskās svārstībās.
- Absolūti cieta ķermeņa rotācija ap asi: apriņķošanas periods, leņķiskais ātrums, lineārais ātrums, centrtieces paātrinājums un centrtieces spēks. Leņķiskais moments, tā saglabāšanās (ap vienu fiksētu asi). Spēka moments pret rotācijas asi. Spēku saskaitīšana un sadalīšana komponentēs. Absolūti cieta ķermeņa līdzsvara nosacījumi. Inerces moments. Šteinera teorēma, rotācijas dinamikas pamatlikums.

Uzdevuma atrisināšanai (izskaidrošanai) skolēnam jāprot:

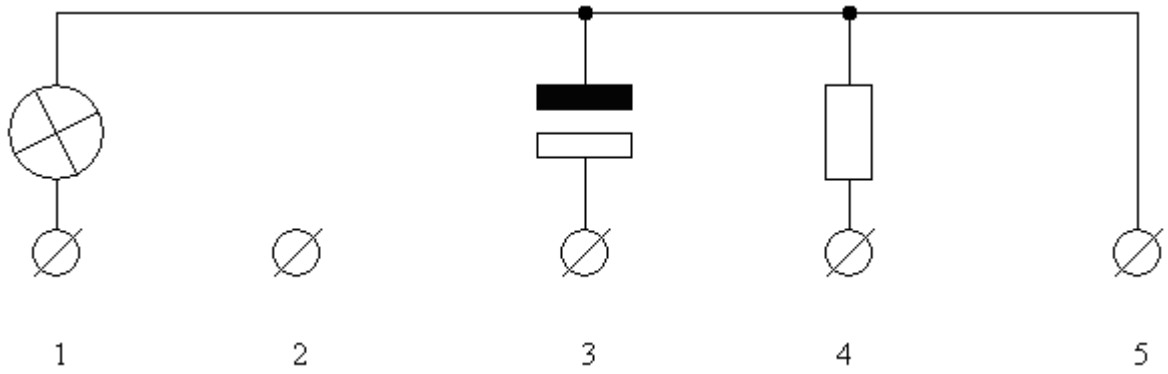
- novērot, prognozēt, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita – A1 jautājums;
- salīdzina, analizē, izskaidro cēloņus – C2 jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē (paplašināta abstrakcija) – A2, A3, B1, B2, C1, D1 jautājums.

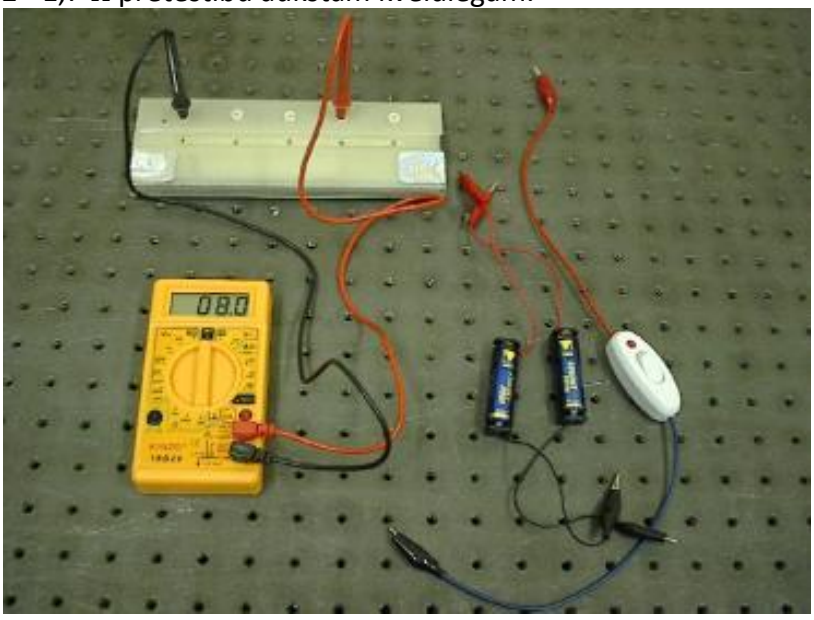
V2019-11-E. ELEKTRISKĀ BALTĀ KASTE

Elektriskās baltās kastes shēma parādīta 389. attēlā.



389. att.

- Ieslēdzot multimetru pretestības mērīšanai zemākajā diapazonā un mērot pretestību starp jebkurām divām kontaktligzdām, var konstatēt rezistora klātbūtni (6,2 - 6,7 Ω) un spuldzīti kā elementu ar 1,2 - 1,7 Ω pretestību aukstam kvēldiegam.



390. att.

- Var noteikt (skat. 390. att.), ka to kopīgais punkts ir pie kontaktligzdas 5, bet otri izvadi ir pievienoti kontaktligzdām 4 un 1 (jo pretestība starp tām ir vienāda ar šo elementu pretestību summu). Jāņem vērā, ka multimetra pievadu pretestība ir 0,2 - 0,5 Ω, ko viegli izmērīt, savienojot taustus kopā.

SPULDZĪTE

- Identificēt spuldzīti var, mērot tās pretestību ne vien ar ommetru (kad kvēldiegs gandrīz nesilst), bet arī ar voltmetra-ampērmetra metodi.
- Izmantojot galvanisko elementu, var iegūt otru punktu spuldzītes voltampēru raksturlīknē un konstatēt, ka tā nav taisne (tas nav rezistors), ka pretestība, pieslēdzot 1,5 V spriegumu, kļūst lielāka, kā tas mēdz būt spuldzītēm. Trešo līknes punktu var iegūt, laižot strāvu caur rezistoru (iepriekš līdzīgi pārliecinoties, ka tas tiešām ir rezistors).

KONDENSATORS

- Kondensatoru var "uztaustīt", ieslēdzot multimetru vidējā pretestības diapazonā (20 kΩ) un mainot vietām taustus. Tad kondensators pārlādējās pretējā virzienā ar multimetra pretestības mērīšanas spriegumu. Reaģējot uz pārlādēšanās strāvas eksponenciālo samazināšanos, multimetrs uzrāda pieaugošu pretestību, turklāt sākumā, uzreiz pēc taustu samainīšanas vietām 3. un 5. kontaktligzdās, tas uzrāda pat negatīvu pretestību. Tas nozīmē, ka šajā brīdī elements uzvedas kā elektroenerģijas avots, bet tas viņam drīz "pāriet". Tas arī vedina uz domām par kondensatoru.
- Vēl kondensatoru var identificēt, uzlādējot to līdz galvaniskā elementa spriegumam, tad – pievienojot tam voltmetru un vērojot, kā tā rādījumi samazinās, kondensatoram lēnām izlādējoties caur voltmetru.

Vērtēšanas kritēriji

- Identificēta pretestība atbilstošajā slēguma vietā – 1 punkts.
- Aprakstīta metode, kā nonāca pie secinājuma, ka tas ir rezistors – 1 punkts.
- Identificēta spuldze atbilstošajā slēguma vietā – 1 punkts.
- Aprakstīta metode, kā nonāca pie secinājuma, ka tā ir spuldze – 1 punkts.
- Fiksēti mērījumu rezultāti, no kuriem izdarīti secinājumi, ka tā ir spuldze – 1 punkts.
  - Ja spuldze identificēta kā pretestība – tikai 1 punkts.
- Identificēts kondensators – 1 punkts.
- Aprakstīta metode, kā nonāca pie secinājuma, ka tas ir kondensators – 1 punkts.
- Fiksēti mērījumu rezultāti, no kuriem izdarīti secinājumi, ka tas ir kondensators – 1 punkts.
  - Jāpiebilst, ka kondensatora brīvo izvadu (pie 3. ligzdas) var noteikt viennozīmīgi, bet otru (ar dotiem darba piederumiem) ir grūti. Tāpēc nevajadzētu ņemt nost punktus, ja skolēns otru kondensatora izvadu shēmā uzzīmējis nevis pie 5. ligzdas, bet pie 4. vai 1. ligzdas.
- Uzzīmēta atbilstoša slēguma shēma – 2 punkti.
  - Ja uzzīmēta slēguma shēma, kur vismaz 2 elementi no trim ir atbilstošajās vietās – 1 punkts.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Fizikāli mērījumi un mērvienības. Eksperimenta plānošana, datu apstrāde un analīze.
- Elektriskā kapacitāte, kondensatori. Elektriskais spriegums. Elektriskās strāvas stiprums. Elektroenerģijas avota elektrodzinējspēks un iekšējā pretestība. Oma likums ķēdes posmam un noslēgtai ķēdei. Elektriskās strāvas darbs un jauda. Džoula – Lenca likums. Vadītāju pretestības atkarība no temperatūras. Elektriskā strāva dažādās vidēs. Elektroenerģijas patērētāju slēgumi. Rezistoru virknes, paralēlais un jauktais slēgums. Elektriskās strāvas vadītāju voltampēru raksturlīknes.

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam jāprot:

- Plānot eksperimentu, eksperimentēt, novērot, mērīt, prognozēt, noteikt lielumus, iegūt datus, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- salīdzina, izskaidro cēloņus, klasificē, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas;
- izvērtē, vispārina, prognozē, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē (paplašināta abstrakcija).

12. klase

V2019-12-1. MAGNĒTISKIE LAUKI

A

A1 Paātrinātāja elektriskais lauks veic darbu daļiņu pārvietošanā, mainot daļiņu kinētisko enerģiju:

$$A = qEd = \Delta E_k = \frac{mv^2}{2} \rightarrow v = \sqrt{\frac{2qEd}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 100}{1{,}673 \cdot 10^{-27}}} = \mathbf{6{,}19 \cdot 10^7 \ \frac{m}{s}}$$

A2 Uz protonu magnētiskajā laukā darbojas Lorenca spēks, kas ir arī centrtieces spēks.

$$F_L = Bqv = \frac{mv^2}{R} \rightarrow R = \frac{mv}{Bq} = \frac{1{,}673 \cdot 10^{-27} \cdot 4 \cdot 10^7}{0{,}14 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}} = \mathbf{2{,}985\ m}$$

Apriņķošanas frekvence:

$$v = 2\pi Rf \rightarrow f = \frac{v}{2\pi R} = \frac{Bq}{2\pi m} = \frac{0{,}14 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}673 \cdot 10^{-27}} = \mathbf{2{,}134 \cdot 10^6\ Hz}$$

B

B1 Noteiksim ātrumu, pie kura $\gamma \geq 1{,}1$:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \rightarrow \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{\gamma} \rightarrow 1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{\gamma^2}$$, no kurienes

$$v = c\sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}} = 2{,}998 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{1{,}1^2}} = \mathbf{1{,}249 \cdot 10^8 \ \frac{m}{s}}$$

Salīdzināsim iegūto ātrumu ar gaismas ātrumu:

$$\frac{v}{c} = \frac{1{,}249 \cdot 10^8}{2{,}998 \cdot 10^8} = \mathbf{0{,}416}$$

Relatīvistiskie efekti sāk kļūt manāmi, kad ātrums sasniedz 0,416 no gaismas ātruma.

B2 **Uzvedinošs jautājums:**

– Kā kvadrātsakni var pierakstīt kā pakāpi?

Relatīvistiskā enerģija $E = \gamma m_0 c^2 = \dfrac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \dfrac{\mathrm{v}^2}{c^2}}} = m_0 c^2 \left(1 - \dfrac{\mathrm{v}^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$

Ja daļiņas ātrums ir daudz mazāks par gaismas ātrumu, $\frac{\mathrm{v}^2}{c^2} \ll 1$ un izteiksmi var pārveidot, izmantojot jautājuma nosacījumā doto sakarību:

$$\boldsymbol{E \approx m_0 c^2 \left(1 + \dfrac{\mathrm{v}^2}{2c^2}\right) = m_0 c^2 + \dfrac{m_0 \mathrm{v}^2}{2}}$$

Ja daļiņas ātrums ir daudz mazāks par gaismas ātrumu, tās enerģija ir vienāda ar miera enerģijas (pašenerģijas) un kinētiskās enerģijas summu.

C

C1 Uzvedinoši jautājumi:

– Cik garu ceļu veic protonu kūlis laika vienībā?

– Kā šīs ceļš ir saistīts ar protonu skaitu un to lineāro blīvumu?

Sadursmju skaits laika vienībā

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{c\Delta t \cdot \lambda}{\Delta t} = \lambda \cdot c = \frac{N_A \dfrac{m}{M}}{2\pi R} \cdot c = \frac{\dfrac{m}{m_p}}{2\pi R} \cdot c = \frac{mc}{2\pi R m_p} = \frac{0{,}001 \cdot 2{,}998 \cdot 10^8}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 4300 \cdot 1{,}673 \cdot 10^{-27}} = \boldsymbol{6{,}6 \cdot 10^{27}}$$

C2 Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds spēks paātrina protonus?

– Kur elektriskajā laukā atrodas protoni, kas tiek paātrināti vairāk?

– Kādiem nosacījumiem jāizpildās, lai protonu pakete būtu stabila?

Stabila būs protonu pakete **C** (skat. 206. att.).

Protoni, atrodoties elektriskā laukā, tiek paātrināti ar Kulona spēku: $F_x = qE_x$. Protoni, kas atrodas pie elektriskā lauka maksimuma, tiks paātrināti vairāk nekā tie protoni, kas atrodas ārpus maksimuma. Lai pakete būtu stabila, svarīgi, lai protoni, kas "atpaliek", iegūst lielāku paātrinājumu, un protoni, kas "steidzas pa priekšu", iegūst mazāku paātrinājumu. To var panākt, ja "atpaliekošie" protoni atrodas elektriskā lauka maksimuma punktā.

Protoni, kas atpaliek, tiek pakļauti spēcīgākām elektriskajām laukam un tiek vairāk paātrināti. A un B gadījumos protonu ātrumu starpība katru reizi pieaug, un protoni izklīdīs.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Elektriskie lādiņi un elektriskais lauks – elektriskā lauka darbs (jautājums A1).
- Enerģija un impulss – kinētiskā enerģija (jautājumi A1, B2).
- Ķermeņu kustība – kustība pa riņķa līniju (jautājums A2), ceļš, laiks, ātrums (jautājums C1).
- Mijiedarbība un spēki – spēks un paātrinājums (jautājums A2).
- Elektromagnētisms – lādēto daļiņu kustība magnētiskajā laukā, Lorenca spēks (jautājums A2).
- Pasaules uzbūve – pilnā enerģija (jautājums B2).
- Vielas uzbūve – daļiņu skaits, Avogadro skaits, masa un molmasa (jautājums C1).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi A1, A2, B1, B2, C1);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājums C1);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājums C1);
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības (jautājums B2);
- interpretē informāciju no attēliem (jautājums C2).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – A1, A2, B1 jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, klasificē, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas, pielieto, formulē jautājumus – B2, C1 jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē – C2 jautājums.

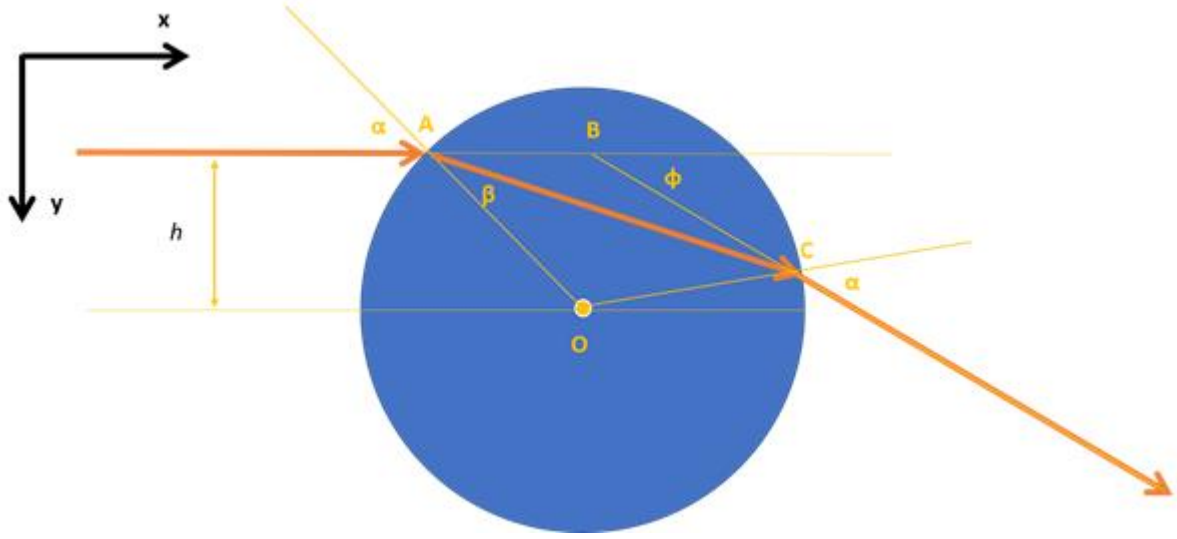
Risinot šo uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par daļiņu kustību magnētiskajā un elektriskajā laukos, jāspēj noteikt kustības raksturlielumus, izmantojot otro Ņūtona likumu protonu kustībai magnētiskajā laukā un analizējot enerģijas pārvērtības, protonam kustoties elektriskajā laukā. Jāparāda prasme izmantot, pārveidot un analizēt sakarības starp fizikāliem lielumiem, izmantot jautājumu aprakstā sniegto informāciju fizikālo lielumu novērtēšanai, jāanalizē informācija no attēliem un grafikiem. Jāveic aprēķini, izmantojot darbības ar pakāpēm.

V2019-12-2. OPTISKĀ PINCETE

A Uzvedinošs jautājums:

– Kāda ir sakarība starp krišanas leņķi, lodītes rādiusu un attālumu *h*?

Konstruēsim gaismas stara gaitu pēc krišanas uz lodes virsmas (391. att.):



391. att.

Izejot lodītei cauri, gaismas stars tiks lauzts divreiz. Pēc pirmās laušanas punktā A laušanas leņķis β (attiecībā pret normāli OA, sk. 391. att.) būs saistīts ar krišanas leņķi α kā

$$sin\beta = \frac{sin\alpha}{n}$$

$sin\alpha = \frac{h}{R}$, tādēļ $sin\beta = \frac{h}{Rn}$

Stars tiks lauzts otro reizi punktā C. Trijstūris AOC ir vienādsānu ($AO = OC = R$), tāpēc punktā C gaismas stara krišanas leņķis ir β. Tā kā stars atgriežas sākotnējā vidē, tad laušanas leņķis attiecībā pret normāli OC atkal būs α, un ar sākotnējo staru tas veidos leņķi ϕ. Leņķis ϕ ir aprēķināms kā

$$\phi = \angle BAC + \angle BCA$$

(trijstūra ārējais leņķis vienāds ar to divu trijstūra leņķa summu, kas nav tā blakus leņķi).

Savukārt, $\angle BAC = \angle BCA = \alpha - \beta$

Tādēļ $\phi = 2(\alpha - \beta) = \mathbf{2\left(arcsin\frac{h}{R} - arcsin\frac{h}{nR}\right)}$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda ir izteiksme fotona impulsa aprēķināšanai?

– Kā atšķirsies krītošā gaismas stara un lodītei cauri izgājušā gaismas stara impulsa modulis un virziens?

Tā kā fotonu impulss atkarīgs tikai no gaismas viļņa garuma ($p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$), tad pēc moduļa impulss lodītei cauri izgājušajam staram nebūs mainījies, taču būs mainījies impulsa virziens.

$$p_1 = f\Delta t, \quad p_{1x} = f\Delta t, \quad p_{1y} = 0$$
$$p_2 = f\Delta t, \quad p_{2x} = f\Delta t cos\phi, \quad p_{2y} = f\Delta t sin\phi$$

Stara impulsa izmaiņa x virzienā laika vienībā Δt:

$$\Delta p_x = p_{2x} - p_{1x} = f\Delta t\ cos\phi - f\Delta t = f\Delta t(cos\phi - 1)$$

Stara impulsa izmaiņa y virzienā laika vienībā Δt:

$$\Delta p_y = p_{2y} - p_{1y} = f\Delta t sin\phi - 0 = f\Delta t\ sin\phi$$

Atbilstoši impulsa nezūdamības likumam, kopējais sistēmas impulss paliek nemainīgs. Tādēļ lodītei laika vienībā tiks piešķirts $-\Delta p_x = f\Delta t(1 - cos\phi)$ liels impulss x virzienā, t. i., x virzienā uz to darbosies spēks $F_x = -\frac{\Delta p_x}{\Delta t} = f(1 - cos\phi)$.

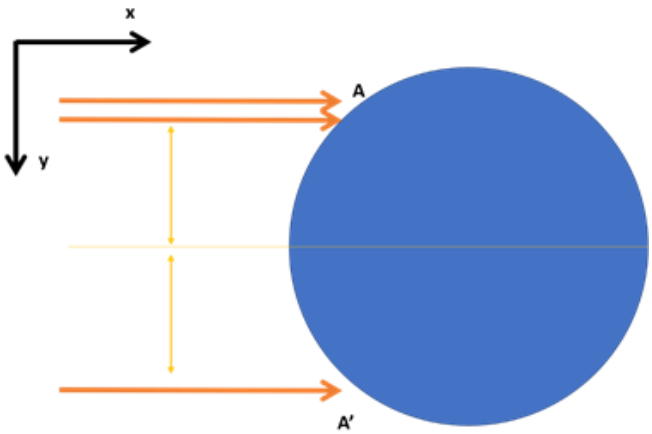
Y virzienā attiecīgi uz lodīti darbosies augšup vērsts spēks: $F_y = -\frac{\Delta p_y}{\Delta t} = -f sin\phi$.

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kuras ass (x vai y) virzienā ir vērojama asimetrija attiecībā pret uz lodi krītošās gaismas intensitāti?

– Kāda ir gaismas stara radītā spēka projekcija uz šo asi?

Simetrijas dēļ nekāds spēks *x* ass virzienā uz lodīti nedarbosies (pretējos virzienos vērsto staru kūļu nodotais impulss kompensēsies). Taču, tā kā lodīte ir nesimetriski novietota attiecībā pret staru kūļu intensitātes sadalījumu, tad tā iegūs impulsu *y* ass virzienā.



392. att.

Aplūkosim divus punktus uz lodītes virsmas A un A", kas novietoti simetriski attiecībā pret lodītes centru (sk. 392. att.). Punktos A un A" krītošiem stariem ir viens un tas pats krišanas leņķis un laušanas leņķis, līdz ar to, saskaņā ar B jautājuma risinājumā iegūto rezultātu, šie stari laika vienībā nodos lodītei vienādu (pēc moduļa) impulsu Δp_y, kas punktā A ieejošajiem stariem būs vērsts augšup, bet punktā A" ieejošajiem stariem – lejup. Taču, tā kā punktā A gaismas intensitāte (staru skaits uz laukuma vienību) ir lielāka, tad šo staru kopējais nodotais impulss būs lielāks, un ***lodīte tiks vilkta staru kūļa intensitātes pieaugšanas virzienā***.

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kādu impulsu katrs stars nodod lodītei laika vienībā?

– Kā var pierakstīt izteiksmi gaismas stara noliekšanas leņķa noteikšanai, izmantojot šajā jautājumā izmantotus apzīmējumus?

– Kā var izteikt mazākā kūļa ar platumu Δy nodoto impulsu?

– Kā atšķiras kopējais nodotais impulss joslā, kurā y > 0, no joslas, kurā y < 0?

– Kā rezultējošo spēku ietekmēs tas fakts, ka, atšķirībā no 207. attēlā redzamās situācijas, lode tiek apstarota gan no kreisās, gan no labās puses?

Saskaņā ar A un B punktu atrisinājumos iegūtajiem rezultātiem, katrs stars laika vienībā nodod lodītei impulsu – $psin\phi$, kur

$$\phi = 2(\alpha - \beta) = 2\left(arcsin\frac{y}{R} - arcsin\frac{y}{nR}\right)$$

Ja staru kūļa platums ir daudz mazāks par lodītes rādiusu, tad visiem stariem y << R, $arcsin\frac{y}{R} \approx \frac{y}{R}$ un $arcsin\frac{y}{nR} \approx \frac{y}{nR}$, tad

$$\phi \approx sin\phi = \frac{2y}{R}\left[1 - \frac{1}{n}\right]$$

Lai iegūtu kopējo impulsu, jāsaskaita visu staru iedarbība. Sadalot staru kūli mazākos kūļos ar platumu Δy, katra šāda mazākā kūļa nodotais impulss laika vienībā staru kūļiem, kam y > 0, ir

$$\frac{2yf\Delta t}{R}\left[1 - \frac{1}{n}\right]c\frac{\Delta y}{|y|} = \frac{2f\Delta t}{R}\left[1 - \frac{1}{n}\right]c\Delta y$$

Staru kūļiem, kam y < 0,

$$-\frac{2f\Delta t}{R}\left[1 - \frac{1}{n}\right]c\Delta y$$

Šādu mazāku kūļu ar y > 0 kopējais skaits ir $\frac{y_{max}}{\Delta y}$, un to kopējais nodotais impulss laika vienībā ir

$$P_+ = \frac{2f\Delta t}{R}\left[1-\frac{1}{n}\right]c\Delta y\frac{y_{max}}{\Delta y} = \frac{2f\Delta t y_{max}}{R}\left[1-\frac{1}{n}\right]c$$

Līdzīgi, mazāku kūļu ar y < 0 skaits ir $\frac{|y_{min}|}{\Delta y}$, un to nodotais impulss laika vienībā ir

$$P_- = -\frac{2f\Delta t|y_{min}|}{R}\left[1-\frac{1}{n}\right]c = \frac{2f\Delta t y_{min}}{R}\left[1-\frac{1}{n}\right]c$$

Kopējais laika vienībā nodotais impulss ir $P = 2(P_+ + P_-)$, kur reizinātājs 2 parādās, jo jāaplūko gan no kreisās, gan no labās puses krītošo staru nodotais impulss.

Galu galā iegūstam, ka lodītei piešķirtais impulss laika vienībā, jeb rezultējošais spēks, kad darbojas uz lodīti ir

$$\boldsymbol{F = \frac{P}{\Delta t} = \frac{2f}{R}\left[1-\frac{1}{n}\right]c(y_{max}+y_{min})}$$

Viegli redzēt, ja $y_{max} = -y_{min}$ (stars ir simetrisks attiecībā pret lodīti), tad rezultējošais impulss laika vienībā (t.i, rezultējošais spēks) ir 0. Mūsu gadījumā, tā kā $|y_{max}| < |y_{min}|$, tad lodīte tiks vilkta y_{min} virzienā, t. i., tiks ievilkta dziļāk staru kūlī, demonstrējot gaismas spēju satvert un noturēt sīkus priekšmetus.

E Uzvedinoši jautājumi:

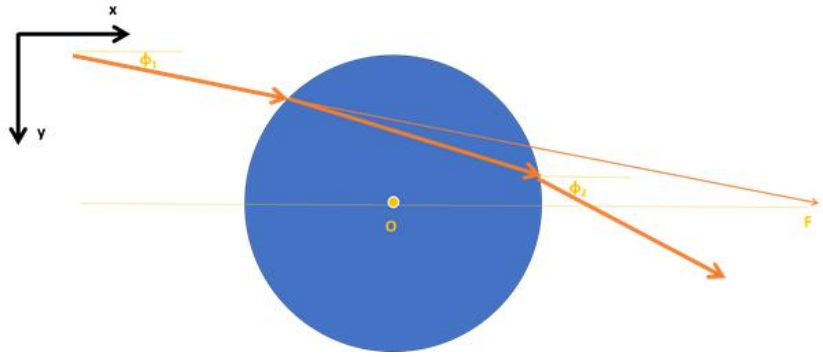
– Kā lodīte maina lēcai cauri izgājušo staru gaitu?

– Kā pēc staru iziešanas cauri lodītei mainās leņķis, ko gaismas stars veido ar lēcas optisko asi?

– Attiecībā pret kādu virzienu (x vai y ass) jautājumā aprakstīta situācija ir simetriska?

– Kādā virzienā ir jāaplūko nodotā impulsa izmaiņa?

Tā kā lodīte novietota simetriski pret gaismas intensitātes sadalījumu y ass virzienā, tad kopspēks y ass virzienā būs vienāds ar nulli. Aplūkosim, kas notiek ar gaismas nodoto impulsu x ass virzienā.



393. att.

Ja nebūtu lodītes, paralēli stari, kas iziet caur lēcu, krustotos lēcas fokusā F. Lodīte lauž starus, un, tā kā tā ir novietota pirms lēcas fokusa, tad safokusē tos vēl vairāk, kā rezultātā leņķis, ko veido gaismas stars ar lēcas optisko asi, palielinās no ϕ_1 uz ϕ_2 (393. att.).

Tas savukārt atbilst impulsa izmaiņai x ass virzienā no

$$p_{1x} = f\Delta t cos\phi_1 \text{ uz } p_{2x} = f\Delta t cos\phi_2$$

Gaismas stara impulss, tātad, ir mainījies par

$$\Delta p_x = p_{2x} - p_{1x} = f\Delta t(cos\phi_2 - cos\phi_1)$$

$$\phi_2 > \phi_1 \Rightarrow cos\phi_2 < cos\phi_1 \Rightarrow \Delta p_x < 0$$

Tātad, gaismas impulss x ass virzienā ir samazinājies. Tas savukārt nozīmē, ka lodītes impulss x ass virzienā laika vienībā ir pieaudzis par $-\Delta p_x$, t. i., ***katrs no lodītē lauztajiem stariem grūdīs to tuvāk lēcas fokusam***.

F Uzvedinoši jautājumi:

– Kā pēc staru iziešanas cauri lodītei mainās leņķis, ko gaismas stars veido ar lēcas optisko asi?

– Kā mainīsies gaismas impulss x ass virzienā? Kā šī izmaiņa ietekmēs lodītes pozīciju?

Tā kā lodīte novietota simetriski pret gaismas intensitātes sadalījumu y ass virzienā, tad kopspēks y ass virzienā būs vienāds ar nulli. Tā kā lodīte atrodas aiz lēcas fokusa *F*, uz to kritīs diverģējošs staru kūlis (sk. 394. att.). Pēc mijiedarbības ar lodīti leņķis, ko veido gaismas stars ar lēcas optisko asi, samazinās no ϕ_1 uz ϕ_2, kas savukārt atbilst impulsa izmaiņai x ass virzienā no

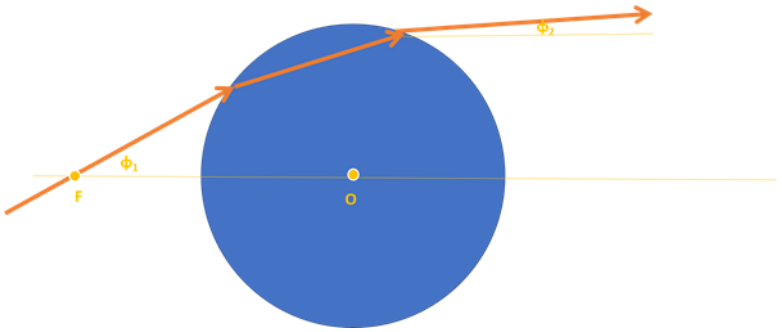
$$p_{1x} = f\Delta t cos\phi_1 \text{ uz } p_{2x} = f\Delta t cos\phi_2$$

Gaismas stara impulss, tātad, ir mainījies par

$$\Delta p_x = p_{2x} - p_{1x} = f\Delta t(cos\phi_2 - cos\phi_1)$$

tātad, gaismas impulss *x* ass virzienā ir palielinājies. Tas savukārt nozīmē, ka lodītes impulss x ass virzienā ir samazinājies par $-\Delta p_x$ – ***katrs no lodītē lauztajiem stariem atkal grūdīs to tuvāk lēcas fokusam***, taču šoreiz gaismas radītā spēka virziens ir vērsts pretēji gaismas izplatīšanās virzienam!

Līdz ar to, neatkarīgi no sākotnējās lodītes atrašanās vietas uz lēcas galvenās optiskās ass, lodīte tiks ievilkta lēcas fokusā, un lodīte var tikt stabili notverta un noturēta lēcas fokusā.



394. att.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Apgaismojums un attēli – gaismas laušana (jautājumi A, E), staru gaita savācējlēcā (jautājumi E, F).
- Atoms un atoma kodols – fotonu impulss (jautājumi B, D).
- Mijiedarbība un spēki – spēks un impulss, kopspēks (jautājumi B, C, D, E, F).
- Enerģija un impulss – impulsa nezūdamības likums (jautājumi B, C, D, E, F).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi A, B, D, E, F);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi B, C, D);
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības (jautājumi A, B, D, E, F);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (grafiki, formulas, shēmas, attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi A, B, C, D, E, F).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas – A, B, C jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas, reflektē – D, E, F jautājums.

Lai tiktu galā ar šo uzdevumu, jāprot veidot un analizēt jautājumu aprakstītajām situācijām atbilstošus zīmējumus, jābūt ļoti labām matemātikas zināšanām un prasmēm, kā arī attīstītai loģiskai domāšanai. Jāprot konstruēt staru gaitu dažādās vidēs un analizēt konstruētos zīmējumus, izmantojot zināšanas par leņķiem un trijstūriem no skolas ģeometrijas stundām. Jāanalizē fotonu impulsa izmaiņa, sadalot impulsa vektoru komponentēs. Jānovērtē trigonometrisko funkciju (sin, cos) vērtību izmaiņa pirmajā kvadrantā.

V2019-12-3. MĒRVIENĪBAS

A [N] izteikšanai var, piemēram, izmantot otro Ņūtona likumu:

$$F = ma \quad \rightarrow \quad \mathbf{1\ [N] = \frac{1\ [kg] \cdot 1[m]}{1\ [s^2]}}$$

[J] izteikšanai var, piemēram, izmantot kinētiskās enerģijas sakarību:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad \rightarrow \quad \mathbf{1\ [J] = \frac{1\ [kg] \cdot 1[m^2]}{1\ [s^2]}}$$

B Reducētās Planka konstantes mērvienība:

$$E = h\nu = \frac{\hbar\nu}{2\pi} \Rightarrow \qquad [\hbar] = [\mathrm{J}] \cdot [\mathrm{s}] = \frac{[\mathrm{kg}] \cdot [\mathrm{m}^2] \cdot [s]}{[\mathrm{s}^2]} = \mathbf{\frac{[kg] \cdot [m^2]}{[s]}}$$

Gravitācijas konstantes mērvienība:

$$F = \frac{Gm_1m_2}{R^2} \Rightarrow G = \frac{FR^2}{m_1m_2} \Rightarrow \qquad [\boldsymbol{G}] = \frac{[\mathrm{N}] \cdot [\mathrm{m}^2]}{[\mathrm{kg}^2]} = \frac{[\mathrm{kg}] \cdot [\mathrm{m}] \cdot [\mathrm{m}^2]}{[\mathrm{s}^2] \cdot [\mathrm{kg}^2]} = \mathbf{\frac{[m^3]}{[s^2] \cdot [kg]}}$$

C Tā kā ir jāizsaka garuma, laika un masas Planka vienības ar gaismas ātrumu, gravitācijas konstanti un reducēto Planka konstanti, tad uzrakstīsim, kā šīs konstantes ir savstarpēji saistītas Planka vienībām:

Izmantojot iepriekšējā jautājuma (B) risinājumā iegūtās izteiksmes:

$$[\hbar] = \frac{[\mathrm{kg}] \cdot [\mathrm{m}^2]}{[\mathrm{s}]} \quad \rightarrow \quad \hbar = \frac{m_p l_p^2}{t_p}$$

$$[G] = \frac{[\mathrm{m}^3]}{[\mathrm{s}^2] \cdot [\mathrm{kg}]} \quad \rightarrow \quad G = \frac{l_p^3}{t_p^2 m_p}$$

$$c = \frac{l_p}{t_s}$$

Kombinējot iegūtās izteiksmes, jāizsaka attiecīgi Planka vienības ar konstantēm. Viens no iespējamajiem risinājumiem ir vispirms izteikt $\hbar$, izmantojot tikai divas no Planka vienībām:

$$l_p = ct_p$$

$$\hbar = \frac{m_p l_p^2}{t_p} = m_p c^2 t_p \quad \rightarrow \quad m_p = \frac{\hbar}{c^2 t_p}$$

Izteiksim G, izmantojot l_p no ātruma izteiksmes un m_p no reducētās Planka konstantes:

$$G = \frac{l_p^3}{t_p^2 m_p} = \frac{c^3 t_p^3 c^2 t_p}{t_p^2 \hbar} = \frac{c^5 t_p^2}{\hbar}$$

Tātad,

$$\boldsymbol{t_p = \sqrt{\frac{\hbar \mathbf{G}}{c^5}}}$$

$$\boldsymbol{l_p} = ct_p = c\sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} = \boldsymbol{\sqrt{\frac{\hbar \mathbf{G}}{c^3}}}$$

$$\boldsymbol{m_p} = \frac{\hbar}{c^2 t_p} = \frac{\hbar\sqrt{c^5}}{c^2\sqrt{\hbar G}} = \boldsymbol{\sqrt{\frac{\hbar c}{\mathbf{G}}}}$$

D Lai iegūtu skaitliskās vērtības, ievietojam dotās konstantes vērtības iegūtajās izteiksmēs:

$$t_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} = \sqrt{\frac{1{,}05 \cdot 10^{-34} \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11}}{(3 \cdot 10^8)^5}} = \mathbf{5{,}37{\cdot}10^{-44}\ s}$$

$$l_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = \sqrt{\frac{1{,}05 \cdot 10^{-34} \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11}}{(3 \cdot 10^8)^3}} = \mathbf{5{,}09{\cdot}10^{-35}\ m}$$

$$m_p = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = \sqrt{\frac{1{,}05 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{6{,}67 \cdot 10^{-11}}} = \mathbf{2{,}17{\cdot}10^{-8}\ kg}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma risināšanas procesā jāveic lielumu dimensionālā analīze, jāsaista SI un ārpussistēmas mērvienības, jāizmanto un jāpārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem. Skolēnam jāzina spēka un enerģijas mērvienības. Pārējo lielumu mērvienības, kā arī sakarības to aprēķināšanai var atrast fizikas formulu lapā. Šo uzdevumu, tātad, var izpildīt ar minimālām fizikas zināšanām pie nosacījuma, ka skolēns prot prasmīgi izmantot uzdevumu aprakstā un fizikas formulu lapā sniegto informāciju, pārveidot un kombinēt izteiksmes, veikt aprēķinus, izmantojot darbības ar pakāpēm.

Visu uzdevuma jautājumu atrisināšanai pietiek ar otro kognitīvās darbības dziļuma līmeni (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē.

V2019-12-D. SPARARATS ŠŪPOLĒS

A1 Uzvedinoši jautājumi:

– Kādu spēku vai to projekciju (komponenšu) līdzsvaram pateicoties priekšmets atrodas uz grīdas, nevis paceļas vertikāli augšup vai izkrīt cauri grīdai?

– Pateicoties kādam spēkam, priekšmetam šūpojoties, tā masas centrs var svārstīties arī horizontālā virzienā?

Uz priekšmetu darbojas **smaguma spēks, balsta reakcijas spēks** un **berzes spēks**. Šo spēku summa rada masas centra kustību, bet šo spēku radītais spēka moments liek priekšmetam rotēt.

A2 Uzvedinoši jautājumi:

– Kas atrodas augstāk un kas zemāk – masas centrs vai atbalsta punkts? Vai šāds izvietojums parasti nodrošina stabilitāti?

– Vai slieču liekuma rādiusam ir kāda ietekme uz stabilitāti?

– Kāds ir masas centra un kāds atbalsta punkta horizontālais pārvietojums, priekšmetam šūpojoties? Salīdzini tos!

– Kāds kādam plecam pieliktais spēks griež priekšmetu atpakaļ uz līdzsvara stāvokļa pusi?

Līdzsvara stāvoklī priekšmeta masas centrs atrodas virs atbalsta punkta. Tomēr līdzsvars ir stabils. **Par to jāpateicas balsta lokveida formai ar pietiekami lielu liekuma rādiusu**. Nedaudz sagāžot priekšmetu uz jebkuru pusi šūpošanās plaknē, **atbalsta punkts pārvietojas sagāzuma virzienā vairāk nekā smaguma centrs**. Gravitācijas spēks ar šīs pārvietojumu starpības plecu veido spēka momentu, kas griež priekšmetu atpakaļ uz līdzsvara stāvokļa pusi.

A3 Uzvedinoši jautājumi:

– Cik augstu virs grīdas jāatrodas slieču liekuma centram? Ar ko jāsalīdzina šis augstums, lai izdarītu secinājumus par priekšmeta stabilitāti?

– Virs kāda nozīmīga punkta vienmēr atrodas slieces liekuma centrs?

Balsta rādiusam jābūt vismaz **tik lielam, lai liekuma centrs atrastos virs smaguma centra**. Pretējā gadījumā priekšmets gāzīsies, nevis šūposies.

B1 Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda spēka klātbūtne rada atšķirības starp šīm situācijām? Kāda virziena masas centra kustību šī spēka neesamība padara neiespējamu? Kā, priekšmetam svārstoties, tādā gadījumā kustētos masas centrs?

Uz ideāli slīdošas virsmas svārstību procesā **masas centrs pārvietotos tikai vertikāli**. Viss priekšmets grozītos uz vietas, tikai nedaudz cilājoties. **Uz absolūti neslīdošas virsmas masas centrs ne tikai cilātos, bet vēl lielākā mērā svārstītos arī horizontāli**, kopumā aprakstot liektu līniju ar augstākajiem punktiem tās galos.

B2 Uzvedinoši jautājumi:

– Cik daudz slīdēšanas posmu eksperimentā uz grīdas spēj saskatīt vai paredzēt?

– Kādēļ otrajā svārstību ceturtdaļperiodā priekšmets veic negaidītu "izrāvienu" uz priekšu?

– Kādēļ uz gumijas paklājiņa svārstības (līdz norimst) vērojamas ilgāk?

– Kādas ir atgriezējspēka lielākās vērtības kustībā uz gumijas salīdzinājumā ar maksimāli sasniedzamajām berzes spēka vērtībām uz grīdas?

– Kuros svārstību kustības brīžos berzes spēkam šāds salīdzinājums ir visnelabvēlīgākais?

– Kuros stāvokļos berzes spēkam jābūt vislielākajam (lai notiktu svārstības, nevis slīdēšana), bet tā maksimāli sasniedzamā vērtība ir vismazākā? Kāpēc mazākā?

Ja uz grīdas priekšmetu sagāžam pārāk daudz, kustībā drīz sākas strauja slīdēšana, smaguma centra pazemināšanās, kustoties gandrīz vertikāli lejup, un priekšmetam pagriežoties. Šajā posmā daudz priekšmeta mehāniskās potenciālās enerģijas pāriet siltumā. Tad uz īsu brīdi slīdēšana beidzas, lai tūdaļ atjaunotos pretējā virzienā, jo priekšmets ir iegriezies un tomēr arī nedaudz ieskrējies. Šīs griešanās un skrējiena apturēšanai berzes spēks atkal izrādās par mazu, un priekšmets otrreiz "noraujas" no grīdas virsmas, veicot negaidītu "izrāvienu" uz priekšu **Tikai tad, kad slīdēšana beidzas, var sākties periodiska svārstību kustība ar pietiekami mazu amplitūdu, pie kuras izslīdēšanas vairs nav iespējama**.

Uz reālas grīdas šādas svārstības bez slīdēšanas var notikt tikai ar mazu amplitūdu, kamēr nepieciešamais horizontālais atgriezējspēks nepārsniedz berzes spēku. Viskritiskākie šajā ziņā ir abi svārstību trajektorijas galējie stāvokļi, kad priekšmets nekustas, bet paātrinājums ir vislielākais. Šim paātrinājumam atbilst vislielākā horizontālā atgriezējspēka vērtība, kurai pārsniedzot berzes spēka vērtību sākas izslīdēšana. Šajos maksimālās novirzes punktos arī berzes spēka maksimālā iespējamā vērtība ir vismazākā: maksimālā miera berzes spēka vērtība ir vienāda ar priekšmeta svara reizinājumu ar berzes koeficientu, savukārt maksimālās novirzes punktos ir vislielākais virzes kustības paātrinājums lejup, līdz ar to arī svara vērtība ir minimāla.

Ar iegrieztu spararatu

C

C1 Pieņemsim, ka priekšmets var pilnīgi brīvi griezties ap vertikālu asi, balstoties uz vienīgo atbalsta punktu (kura stāvoklis gan uz grīdas, gan uz slieces tomēr lēni mainās).

Uzvedinoši jautājumi:

– Vai griešanās ap vertikālu asi sākas uzreiz, nevis paātrinoties līdz šādam griešanās ātrumam?

– Vai paātrinājums var būt bezgalīgs?

– Kāpēc šī kustības izpausme ir bez inerces un sākas uzreiz? Centies iedziļināties spararata kustības izmaiņās Zemes gravitācijas laukā (jo priekšmets tomēr ļoti lēni gāžas). Mēģini sadalīt spararata rotāciju komponentēs vai apskati atsevišķi tās projekcijas!

Ar iegrieztu spararatu priekšmets uzreiz ātri nekrīt, bet rotē ap vertikālu asi. To sauc par žiroskopisko precesiju.

Šī kustība pati ir tikai citas kustības izmaiņu kompensācija. Tā kā līdzsvars ir labils, novirze no tā rada gravitācijas spēka momentu, kas šo novirzi palielina. Taču ātri iegriezta spararata inerce ir milzīga. Tā izpaužas arī tā, ka ir grūti izmainīt spararata rotācijas ass orientāciju telpā. Gravitācijas spēka moments tikai ārkārtīgi lēni spēj pagriezt šo asi. Mainoties ass virzienam, mainās arī spararata impulsa momenta projekcija horizontālajā plaknē (komponente ap vertikālo asi). Tā kā priekšmetam kopumā šai projekcijai jāsaglabājas, tas griežas pretējā virzienā, kompensējot spararata rotācijas projekcijas izmaiņas.

C2 Uzvedinoši jautājumi:

– Ar ko gravitācijas spēka moments atšķiras no iepriekšējā gadījumā aplūkotā?

– Kurā virzienā tagad mainās spararata impulsa momenta projekcija horizontālajā plaknē?

– Kā tas kompensējas, ja griešanās ap vertikālu asi ir brīva?

Ja priekšmetu atlaiž otrpus līdzsvara stāvokļa, **tas precesē pretējā virzienā**, jo gravitācijas spēka moments lēni griež spararata asi uz otru pusi, un spararata impulsa momenta projekcijas izmaiņas horizontālajā plaknē ir pretējas.

D

D1 Uzvedinoši jautājumi:

– Ar ko situācija būtiski atšķiras no gadījuma C?

– Vai priekšmets var brīvi griezties ap vertikālu asi? Kāds spēks līdz ar to jāņem vērā? Vai uz abām sliecēm tas darbojas vienā virzienā? Vai tas veido plecu arī griešanai ap horizontālu asi?

Sasniedzot kādu pacelšanas augstumu, tas vairs neatgriežas stabilajā līdzsvara stāvoklī uz divām sliecēm, bet noguļas uz sāniem. Tas parasti atgādina procesu pēc malas pacelšanas pāri līdzsvara punktam, tikai pateicoties berzes spēkam beidzas ātrāk.

Uz ideālas slīdošas virsmas priekšmets precesētu ap vertikālo asi, kas iet caur tā smaguma centru. **Berze uz reālas virsmas veido spēka momentu, kurš pagriež priekšmetu uz sāniem**. Ja berze ir nepietiekami liela vai priekšmetu esam palaiduši vaļā nelielā augstumā, tad tas **pēc dažu piruešu veikšanas atgriežas stāvoklī uz divām sliecēm**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Paātrināta taisnlīnijas kustība: pārvietojums, ātrums, paātrinājums.
- Ķermeņu mijiedarbība un spēki – berzes spēks, balsta reakcijas spēks, Spēka moments.
- Gravitācija un ķermeņu kustība gravitācijas laukā. Ķermeņa svars. Gravitācijas likums.
- Kustības impulss. Spēka impulss. Enerģijas un impulsa nezūdamības likums.
- Mehāniskās svārstības un viļņi: svārstību periods un frekvence, koordināta, ātrums un paātrinājums harmoniskās svārstībās.
- Absolūti cieta ķermeņa rotācija ap asi: apriņķošanas periods, leņķiskais ātrums, lineārais ātrums, centrtieces paātrinājums un centrtieces spēks. Leņķiskais moments, tā saglabāšanās (ap vienu fiksētu asi). Spēka moments pret rotācijas asi. Spēku saskaitīšana un sadalīšana komponentēs. Absolūti cieta ķermeņa līdzsvara nosacījumi. Inerces moments. Šteinera teorēma, rotācijas dinamikas pamatlikums.

Uzdevuma atrisināšanai (izskaidrošanai) skolēnam jāprot:

- novērot, prognozēt, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita – A1 jautājums;
- salīdzina, analizē, izskaidro cēloņus – C2 jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē (paplašināta abstrakcija) – A2, A3, B1, B2, C1, D1 jautājums.

V2019-12-E. MŪZIKAS IERAKSTA GARUMS KOMPAKTDISKĀ

Uzvedinoši jautājumi:

– Kas laika noteikšanai vēl būtu jāuzzina, ja ātrums ir dots?

Ja ir dots ātrums, ar kādu ierakstošā vai nolasošā stara krišanas vieta uz kompaktdisku pārvietojas attiecībā pret kompaktdiska celiņu, mūzikas ieraksta ilguma noteikšanai jāzina celiņa garums.

Uzvedinoši jautājumi:

– Kāpēc kompaktdisks spīd visās varavīksnes krāsās? Kas šajā gadījumā ir difrakcijas režģa konstante? Ko var izmērīt, lai to aprēķinātu?

– Ko var izmērīt ar lāzera rādītāju un ar mērlenti, lai no šiem mērījumiem izrēķinātu celiņa garumu un ieraksta laiku?

1. Izmantojot lāzera rādītāju un uzskatot kompaktdisku kā difrakcija režģi, ir iespējams noteikt attālumu starp celiņa blakus vijumu centriem.

Novietojot lāzera rādītāju uz ekrāna (dēlīša) augšējās malas un virzot staru uz kompaktdisku, atstarotajā gaismā redzams difrakcijas centrālais maksimums un no tā uz abām pusēm – difrakcijas pirmie maksimumi. Izmērot attālumu starp maksimumiem un attālumu no kompaktdiska matricas līdz ekrānam, var aprēķināt difrakcijas leņķi φ.

Izmantojot difrakcijas režģa formulu: $dsin\varphi = m\lambda$, kur m = ±1, bet λ = 650 nm, var aprēķināt režģa periodu d, kas šai gadījumā ir attālums starp celiņa blakus vijumu centriem

$$d = \frac{m\lambda}{sin\varphi}$$

Uzvedinoši jautājumi:

– Ko var izmērīt, lietojot tikai mērlenti (395. att.)?

– Vai tagad var aprēķināt celiņa vijumu skaitu matricā?

– Vai var aprēķināt vijumu vidējo rādiusu?

– Vai var aprēķināt vidējo vijuma garumu?

– Vai var aprēķināt kopējo celiņa garumu?

– Vai var aprēķināt maksimālo ieraksta ilgumu matricā?

2. Izmērot celiņa iekšējo un ārējo rādiusu $R_{iekš}$ un $R_{ār}$, var aprēķināt kopējo celiņa vijumu skaitu matricā

$$N = \frac{R_{ār} - R_{iekš}}{d}$$

un vidējo rādiusu

$$R_{vid} = \frac{R_{ār} + R_{iekš}}{2}$$

arī vidējo riņķa līnijas (celiņa 1 vijuma) garumu $C_{vid} = 2\pi R_{vid}$.

3. Sareizinot vidējās riņķa līnijas garumu ar celiņu skaitu, iegūst kopējo celiņa garumu s kompaktdiska matricā:

$$s = C_{vid}\, N$$

4. Ieraksta ilgums t aprēķināms pēc formulas:

$$t = \frac{s}{\mathrm{v}}$$

kur v = 1,25 m/s.

Cita metode

Uzvedinoši jautājumi:

– Kāpēc kompaktdisks spīd visās varavīksnes krāsās? Kas šajā gadījumā ir difrakcijas režģa konstante? Ko var izmērīt, lai to aprēķinātu?

– Ko var izmērīt ar lāzera rādītāju un ar mērlenti, lai no šiem mērījumiem izrēķinātu celiņa garumu un ieraksta laiku?

1. Izmantojot lāzera rādītāju un uzskatot kompaktdisku kā difrakcija režģi, nosaka attālumu d starp celiņa blakus vijumu centriem.

Uzvedinoši jautājumi:

– Vai jau tagad var aprēķināt, cik liels diska virsmas laukums nepieciešams vienu sekundi ilgam ierakstam?

2. Aprēķina, cik liels diska virsmas laukums S_1 nepieciešams t_1 = 1 s ilgam ierakstam:

$$S_1 = \mathrm{v}\, t_1 d$$

Uzvedinoši jautājumi:

– Ko var izmērīt, lietojot tikai mērlenti (395. att.)?

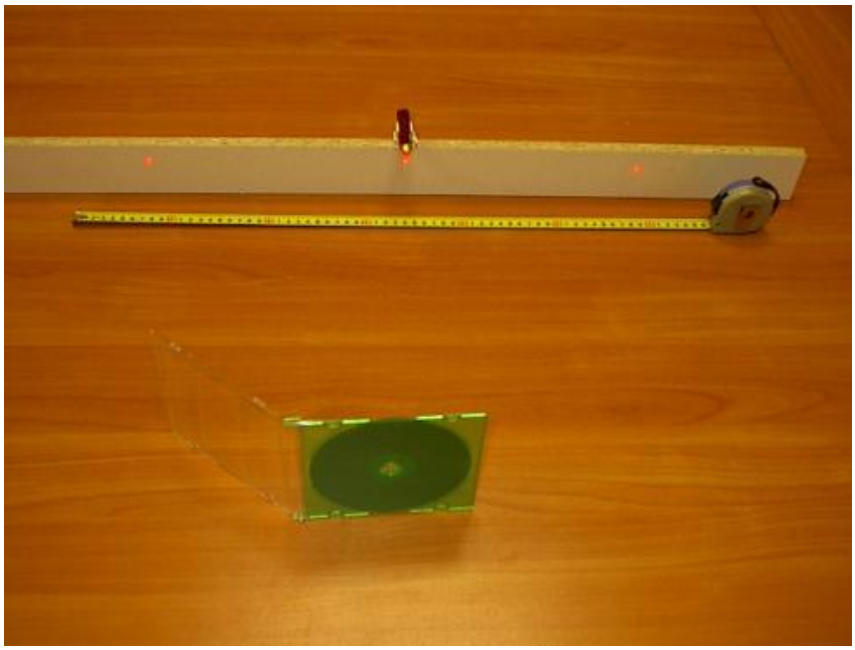
– Vai tagad var aprēķināt visu laukumu, ko uz matricas noklāj ieraksta celiņš?

– Vai nu var aprēķināt maksimālo ieraksta garumu šajā kompaktdiska matricā?

3. Aprēķina visu laukumu, ko uz matricas noklāj ieraksta celiņš:

$$S_{kop} = \pi R_{ār}^2 - \pi R_{iekš}^2$$

4. Aprēķina maksimālo ieraksta garumu: $t = \frac{S_{kop}}{S_1}$



395. att.

Vērtēšanas kritēriji

Punkti jādod arī par jebkuru citu šeit nenorādītu metodi, ar kuru iegūts pareizs rezultāts.

1. Noteikts difrakcijas periods un pareizi novērtēta kļūda (maksimāli – 4 punkti).
   - Difrakcijas periods d = 1,20 ± 0,05 µm – 3 punkti.
     - Noteikts difrakcijas periods robežās 1,10 – 1,15 µm vai 1,25 – 1,30 µm – 2 punkti.
     - Noteikts difrakcijas periods robežās 0,9 – 1,1 µm vai 1,3 – 1,5 µm – 1 punkts.
     - Par citām perioda vērtībām punkti netiek doti.
   - Pareizi novērtēta difrakcijas režģa perioda kļūda – 1 punkts.
2. Noteikts ieraksta maksimālais ilgums un pareizi novērtēta kļūda (maksimāli – 6 punkti).
   - t = 101 ± 5 min – 5 punkti.
     - Ieraksta ilgums noteikts robežās no 90 – 96 min un 106 – 112 min – 2 punkti.
   - Pareizi novērtēta kļūda – 1 punkts.
     - Ja nav noteikts ne ieraksta garums, ne periods, bet ir izmērīti diska celiņa iekšējie un ārējie rādiusi vai diametri, tiek piešķirti – 0,5 punkti.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Fizikāli mērījumi un mērvienības. Eksperimenta plānošana, datu apstrāde un analīze.
- Koherenti gaismas avoti. Gaismas interference, interferences maksimumu un minimumu nosacījumi. Gaismas difrakcija, difrakcijas režģis.

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam jāprot:

- Plānot eksperimentu, eksperimentēt, novērot, mērīt, prognozēt, noteikt lielumus, iegūt datus, secināt, interpretēt datus, salīdzināt, izvirzīt hipotēzes, identificēt likumsakarības, risināt problēmas, analizēt un modelēt fizikālos procesus, veidot modeļus, izvēlēties vai radīt un rakstīt skaidrojumus, skaidrot cēloņsakarības, lietot jēdzienus konkrētās situācijās, izmantot fizikas pamatlikumus, lai atrisinātu kvantitatīvas problēmas, lietot matemātiku fizikālās sistēmās.

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- salīdzina, izskaidro cēloņus, klasificē, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas;
- izvērtē, vispārina, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē (paplašināta abstrakcija).

2019./2020. mācību gads – Latvijas 70. fizikas olimpiāde

Novada olimpiāde – 2020

9. klase

N2020-9-1. BRAUCAM AR SABIEDRISKO

1.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kā mainās ātruma grafiks, ja vilciens apstājas ik pa laikam pieturā?

– Kāda ātruma vērtība ātruma grafikā nevar būt, ja automašīna ceļā neapstājas?

Analizējam grafikus un situācijas (214. att.):

- **Vilciens** apstājas pieturās ik pēc noteikta laika. Šāda situācija attēlota **1. grafikā.**
- **Mašīna** brauciena laikā **neapstājas**, tas nozīmē, ka nekur nevajadzētu būt ātruma vērtībai v = 0. Šāda situācija attēlota **2. grafikā**.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kurā grafikā kustības sākumā transportlīdzekļa vidējais kustības ātrums ir vislielākais?

– Kā izskatās grafiks ceļa maiņai laikā, ja transportlīdzeklis apstājas un kādu laiku stāv?

Analizējam grafikus un situācijas (215. att.):

- **Vilciena** vidējais ātrums kustības sākumā ir lielāks – pirmajās 20 minūtēs veic lielāku attālumu. Situācijai atbilst **grafiks 4**.
- **Automašīna** Jēkabpilī **apstājas** un kādu laiku stāv, tas nozīmē, ka kādā no grafikiem ir jābūt laika posmam, kurā veiktais ceļš nepalielinās. Situācijai atbilst **grafiks 6.**

C Analizējam grafikus un situācijas (215. att.):

- Grafikos 4., 5. un 6. novērtē, kurš transportlīdzeklis kustības pirmajās 10 minūtēs veic lielāku attālumu. Redzams, ka tas ir grafiks nr. 4, kas attēlo **vilciena** veiktā ceļa atkarību no laika, (skat. arī 1B jautājuma risinājumu).
- Grafiks 6. attēlo automašīnas kustību, kas apstājas Jēkabpilī. No grafika var nolasīt, ka laiks, kurā automašīna apstājās ir t = 1,8 h = **108 min.**
- No grafikiem 4., 5. un 6. nosaka, kurš transporta līdzeklis ir ticis vistālāk. Tas ir grafiks nr. 5, **automašīna, kas neapstājas**.
- Grafikos 4., 5. un 6. redzams, ka laikā t = 2 h 10 min viens no transporta līdzekļiem stāv uz vietas (grafiks 6.), salīdzinot grafikus 4. un 5. redzams, ka lielāks ātrums ir transporta līdzeklim, kura veiktā ceļa izmaiņa laikā ir attēlota grafikā Nr. 5 (stāvāka līkne), tātad lielāks ātrums **ir automašīnai, kas neapstājas.**

D Vidējo ātrumu nosaka veiktais ceļš un tam patērētais laiks

$$v_{vid} = \frac{s}{t}$$

Katram transportlīdzeklim, izmantojot dotos grafikus 4., 5. un 6. (215. att.), nosaka veikto ceļu un tam patērēto laiku.

Ceļš no Rīgas līdz Daugavpilij visiem transporta līdzekļiem ir viens un tas pats s ≈ 230 km.

- vilciens (grafiks 4.) t = 3 h 20 min ≈ 3,33 h, vidējais ātrums $v_v = \frac{230}{3{,}33} =$ **69 km/h**
- automašīna, kas apstājas (grafiks 6.) t = 3 h 40 min ≈ 3,67 h,
  vidējais ātrums $v_{a1} = \frac{230}{3{,}67} =$ **62,7 km/h**
- automašīna, kas neapstājas (grafiks 5.) t = 3 h 10 min ≈ 3,17 h,
  vidējais ātrums $v_{a2} = \frac{230}{3{,}17} =$ **72,6 km/h**

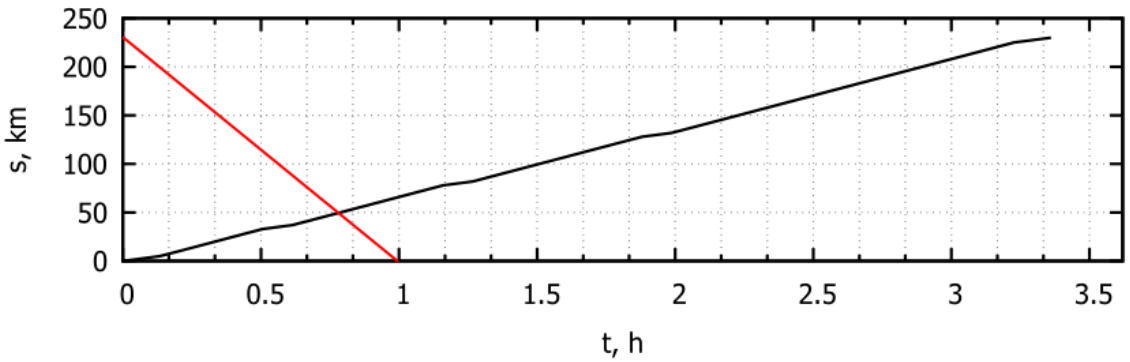
E Uzvedinoši jautājumi:

– Kurā grafikā ir attēlots, kā mainās vilciena veiktais ceļš laikā?

– Cik tālu no Rīgas atrodas helikopters laika momentā t = 0?

– Kur atrodas helikopters pēc stundas kopš lidojuma sākuma?

Helikoptera kustības grafiku (sk. sarkano līniju 396. attēlā) var attēlot vienās asīs ar vilciena kustības grafiku. Laika momentā t = 0 tas atrodas Daugavpilī (s = 230 km), tad stundas laikā tas atlido līdz Rīgai (s = 0). Līniju krustpunkts parāda, kurā vietā helikopters atrodas tieši virs vilciena: s = **50 km**.



396. att.

2.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kur grafikā sākas līkne, ja mašīna uzsāk braukt no miera stāvokļa?

– Kā grafikā attēlo līkni, kurā ātrums palielinās? Vai šiem nosacījumiem atbilst tikai viena līkne?

Tā kā nosacījumā teikts, ka mašīna uzsāk braukt no miera stāvokļa, der visas atbildes, kurās ātrums pieaug laikā no miera stāvokļa: **a, d, e** (216. att.).

B Uzvedinošs jautājums:

– Kā mainās transportlīdzekļa veiktais ceļš laikā, ja ātrums ir mazs un kā – ja ātrums kļūst lielāks?

Veiktajam ceļam šajā procesā jāpieaug sākumā lēni (jo ātrums ir mazs), pēc tam straujāk (jo ātrums kļūst lielāks). Vienīgais grafiks, kuram tas izpildās, ir **b** (217. att.).

3. Ar katru minūti palielinās vilciena veiktais ceļa intervāls (sk. 218. att.)., tāpēc pareizā atbilde ir **paātrināta kustība**.

4.

A Attālums no Imantas līdz Rīgas stacijai $s = \mathrm{v}t = 16 \cdot \frac{32}{60} = 8{,}53$ km

Vilciena vidējais ātrums $\mathrm{v}_{vid} = \frac{s}{t} = \frac{8{,}53}{0{,}25} = \mathbf{34{,}1}\ \frac{\mathbf{km}}{\mathbf{h}}$

B Ar velosipēdu un vilcienu braucot kopā patērētais laiks $t_1 = \frac{s_1}{\mathrm{v}} + t_{vilc}$

Braucot tikai ar velosipēdu patērētais laiks $t_2 = \frac{s_1 + s}{\mathrm{v}}$

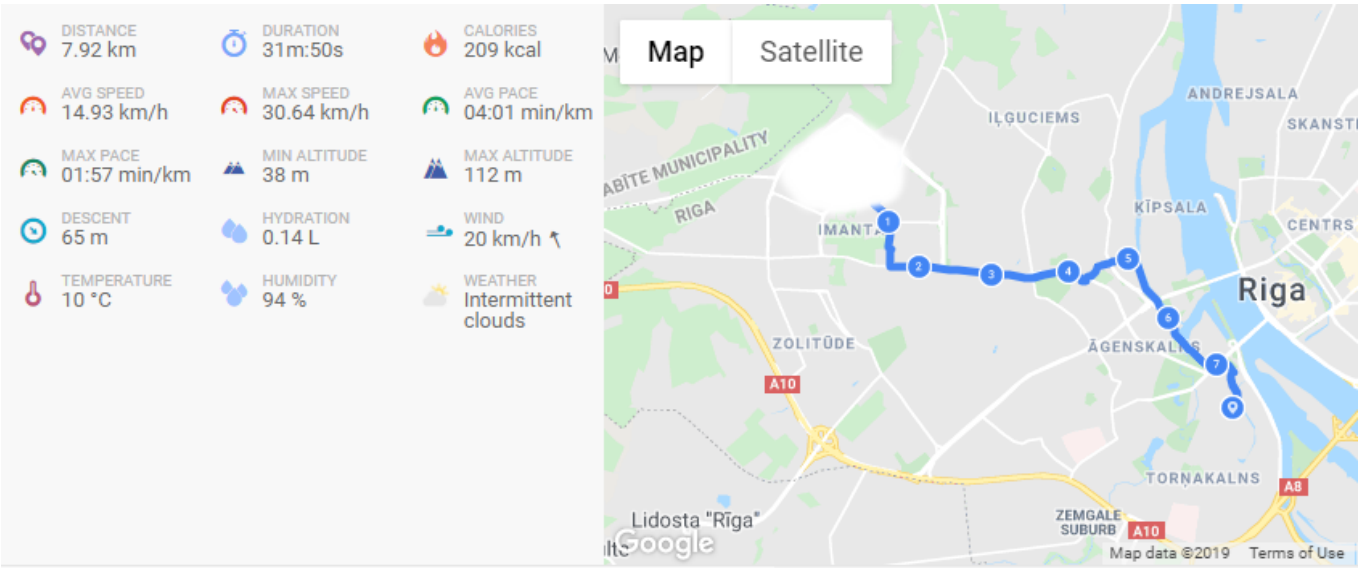
kur s_1 = 3 km, t_{vilc} = 15 min = 0,25 h, s = 8,53 km (skat 4A risinājumu), Δt = 20 min = 0,33333 h

Zināms, ka $t_1 + \Delta t = t_2$

$$\frac{s_1}{\mathrm{v}} + t_{vilc} + \Delta t = \frac{s_1 + s}{\mathrm{v}}$$

$$\mathrm{v} = \frac{s}{t_{vilc} + \Delta t} = \frac{8{,}53}{0{,}25 + 0{,}33333} = \mathbf{14{,}6}\ \frac{\mathbf{km}}{\mathbf{h}}$$

Ir interesanti piezīmēt, ka velosipēda vidējais ātrums daudz neatšķiras no mašīnas vidējā ātruma, kuras kustība apskatīta uzdevumā. Šo faktu uzdevuma autors ir personīgi novērojis darbadienas rītos (skat. 397. att.)!



397. att.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par kustību un tās raksturlielumiem:

- ātruma maiņa kustībā (1A un 2A jautājumi), ceļa maiņa kustībā (1B, 1C, 1E, 2B), vidējais ātrums (1B, 1D, 4A, 4B), ātrums vienmērīgā kustībā (1C), kustības stroboskopiskais attēls (3).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- nolasīt datus no grafika (1A, 1B, 1C, 1D, 2., 3.);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem, izmantojot fizikas likumus (1A, 1B, 2.);
- analizēt procesu grafikus (1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 3.);
- izdarīt secinājumus, pamatojoties uz problēmas risinājumā iegūtajiem datiem (1E);
- veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (4B);
- pārveidot mērvienības (1D, 4A, 4B);
- veikt aprēķinus (1D, 4A, 4B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt, veikt vienkāršu darbību – 3. jautājums;
- aprakstīt, veikt darbību pēc algoritma, kombinēt – 1C, 1D, 4A un 4B jautājums;
- salīdzināt, analizēt, izskaidrot cēloņus, sasaistīt, pielietot – 1A, 1B, 1E, 2A un 2B jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par kustības raksturlielumiem un to maiņu dažādās situācijās. Skolēnam jādemonstrē spēja analizēt grafikus, nolasīt datus no grafikiem un identificēt tos atbilstoši aprakstītajai situācijai. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, izteikt fizikālos lielumus, apvienot vairākas sakarības, veikt aprēķinus.

N2020-9-2. MAKŠĶERĒŠANA

1. Tā kā zivs negrimst un nepeld uz augšu jeb peld noteiktā dziļumā, tad Arhimēda spēks līdzsvaro zivs smaguma spēku: $F_A = mg$. Tā kā Arhimēda spēks $F_A = \rho_ū Vg$, iegūstam $m = \rho_ū V$.

A Zivs tilpums $V = \Delta h\, \pi R^2$, zivs masa $m = \rho_ū V = \rho_ū\, \Delta h \pi R^2 = 1020 \cdot 0{,}02 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}2^2 =$ **2,56 kg**.

B Zivs blīvums $\rho = m/V = \rho_ū V/V = \rho_ū =$ **1020 kg/m^3**. Šo pašu rezultātu iegūst no ķermeņu peldēšanas nosacījuma.

C Uzvedinošs jautājums:

– Kādi spēki līdzsvaro zivi, ja tā peld noteiktā dziļumā, negrimstot un nepeldot uz augšu?

Tā kā zivs negrimst un nepeld uz augšu jeb peld noteiktā dziļumā, tad, $F_A = mg$ – **Arhimēda spēks nav atkarīgs no dziļuma**.

2.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki līdzsvaro katru no pludiņiem, ja tie peld?

– No kā ir atkarīgs Arhimēda spēks, kas darbojas uz katru no pludiņiem līdzsvara gadījumā?

– Kādas ir pludiņu masas? Salīdzini!

Tā kā pludiņš peld, uz to darbojošos spēku summa ir nulle, tāpēc $F_A = mg$. Ja pludiņu masas ir vienādas, arī Arhimēda spēki ir vienādi. **Atbilde**: **uz visiem pludiņiem darbojas vienāds Arhimēda spēks**.

B Uzvedinoši jautājumi:
– Kāda ir pludiņu forma?
– Kā mainīsies iegrimušās daļas tilpums, ja katru no pludiņiem ievelk zem ūdens vienādā dziļumā?
– Kā Arhimēda spēks ir atkarīgs no ķermeņa iegrimušās daļas tilpuma?

Ievelkot zem ūdens pludiņu A, uz to darbosies aptuveni divreiz lielāks Arhimēda spēks (jo pieaugs iegrimušās daļas tilpums), kamēr pludiņiem B un C tas būtiski neizmainīsies. **Atbilde**: **A**

C Uzvedinošs jautājums:
– Kas kompensē pludiņa smaguma spēku ūdenī šajā situācijā? Pievērs uzmanību, ka makšķernieks notur pludiņu zem ūdens!

Ūdenī pludiņa smaguma spēku daļēji kompensē Arhimēda spēks, atlikušo daļu notur makšķernieka roka. Spēks, kas darbojas uz svariem, pieaug par Arhimēda spēku:

$$F = mg + F_A = mg + \rho_{\text{ū}} V g = g(m + \rho_{\text{ū}} V)$$

Tātad svaru rādījums **palielinās par pludiņa tilpuma un ūdens blīvuma reizinājumu**

$$\frac{F}{g} = m + \rho_{\text{ū}} V$$

D Uzvedinoši jautājumi:
– Kā mainās pludiņa iegremdētās daļas tilpums, kad pludiņu sāk iegremdēt un kad to iegremdē līdz vidum? Pievērs uzmanību pludiņa formai!
– Kā pludiņa iegremdētās daļas tilpums ietekmē Arhimēda spēka izmaiņu?
– Kurā brīdī Arhimēda spēks vairs nemainās pludiņa iegremdēšanas procesā?

Iegremdējot pludiņu C, sākumā iegremdētās daļas tilpums (un Arhimēda spēks $F_A = \rho_{\text{ū}} V g$) pieaug lēni, pēc tam tilpuma izmaiņas ir proporcionālas dziļuma izmaiņām, un beigās – tilpuma izmaiņas atkal ir mazas. Pie $d > L$ tilpums nemainās. **Atbilde**: Grafiks **I** (221. att.).

E Iegrimušās daļas tilpums $V = \pi R^2 L/2$, Arhimēda spēks $F_A = \rho_{\text{ū}} V g$ līdzsvaro pludiņa un atsvara smaguma spēku $(m_{\text{p}} + m_{\text{a}})g$. Iegūstam

$$m_a = \rho_{\text{ū}d} V - m_p = \frac{\rho_{\text{ū}d} \pi R^2 L}{2} - m_p = \frac{1020 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}005^2 \cdot 0{,}08}{2} - 0{,}001 = 0{,}0022 \text{ kg} = \mathbf{2{,}2\ g}$$

3. Lai zivs peldētu, tās blīvumam jābūt vienādam ar ūdens blīvumu. Aprēķina $\rho_1 = m_1/V = 1025{,}1$ kg/m^3, $\rho_2 = m_2/V = 1021{,}9$ kg/m^3. No grafika (222. att.) nolasa atbilstošo dziļumu intervālu – **no 1,9 m līdz 5,1 m**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par ķermeņu peldēšanu:

- peldēšanas nosacījumi (1C, 2A, 2C, 2E un 3. jautājums), Arhimēda spēks (1A, 1C un 2.), smaguma spēks (1A, 1C, 2A, 2C, 2E), blīvums (1A, 1B, 3.), cilindra tilpums (1A).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- nolasīt datus no grafika (3.);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem, izmantojot fizikas likumus (1C, 2A, 2B, 2C, 2D, 3.);
- analizēt procesu grafikus (2D);
- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (1A, 2E, 3.);
- pārveidot mērvienības (1A, 1B, 2E);
- veikt aprēķinus (1A, 1B, 2E, 3.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- aprakstīt, veikt darbību pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1A, 1B, 2E un 3. jautājums;
- salīdzināt, analizēt, izskaidrot cēloņus, sasaistīt, pielietot – 1C, 2A, 2B, 2C un 2D jautājums.

Risinot uzdevumu skolēnam jādemonstrē izpratne par ķermeņu peldēšanas nosacījumiem, un par to, kas ietekmē Arhimēda spēka izmaiņas dažādās situācijās. Skolēnam jādemonstrē spēja analizēt grafikus, nolasīt datus no grafikiem un identificēt tos atbilstoši aprakstītajai situācijai. Skolēnam jāprot aprakstīt aplūkojamās situācijas ar fizikāliem lielumiem un tos saistošajām likumsakarībām, pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, veikt aprēķinus.

N2020-9-3. SILTUMS

1. Kafijas pauze

A $Q_{saņ} + Q_{atd} = 0$

Sasila krūze: $Q_{saņ} = c_{kr}m_{kr}(t_{līdzsv1} - t_{0kr})$
Atdzisa kafija: $Q_{atd} = c_{kaf}m_{kaf}(t_{līdzsv1} - t_{0kaf})$

$$c_{kr}m_{kr}(t_{līdzsv1} - t_{0kr}) + c_{kaf}m_{kaf}(t_{līdzsv1} - t_{0kaf}) = 0$$

$$c_{kr}m_{kr}t_{līdzsv1} - c_{kr}m_{kr}t_{0kr} + c_{kaf}m_{kaf}t_{līdzsv1} - c_{kaf}m_{kaf}t_{0kaf} = 0$$

$$t_{līdzsv1}(c_{kr}m_{kr} + c_{kaf}m_{kaf}) = c_{kr}m_{kr}t_{0kr} + c_{kaf}m_{kaf}t_{0kaf}$$

$$t_{līdzsv1} = \frac{c_{kr}m_{kr}t_{0kr} + c_{kaf}m_{kaf}t_{0kaf}}{c_{kr}m_{kr} + c_{kaf}m_{kaf}}$$

Vienas kafijas porcijas masa $m_{kaf} = \rho V = 1{\cdot}10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-6} = 0{,}2$ kg

$$t_{līdzsv1} = \frac{800 \cdot 0{,}15{\cdot}24 + 4200 \cdot 0{,}2 \cdot 90}{800 \cdot 0{,}15 + 4200 \cdot 0{,}2} = \mathbf{82\ ℃}$$

B

$$Q_{saņ} + Q_{atd} = 0$$

Sasaldētā piena gabaliņš sasila, izkusa un iegūtais šķidrums sasila līdz līdzsvara temperatūrai:

$$Q_{saņ} = c_{sp}m_p(t_{kuš} - t_{0p}) + L_{sp}m_p + c_pm_p(t_{līdzsv2} - t_{kuš})$$

Atdzisa krūze un kafija:

$$Q_{atd} = c_{kr}m_{kr}(t_{līdzsv2} - t_{0k}) + c_{kaf}m_{kaf}(t_{līdzsv2} - t_{0k}) = (t_{līdzsv2} - t_{0k})(c_{kr}m_{kr} + c_{kaf}m_{kaf})$$

$$c_{sp}m_p(t_{kuš} - t_{0p}) + L_{sp}m_p + c_pm_p(t_{līdzsv2} - t_{kuš}) + (t_{līdzsv2} - t_{0k})(c_{kr}m_{kr} + c_{kaf}m_{kaf}) = 0$$

$$c_{sp}m_pt_{kuš} - c_{sp}m_pt_{0p} + L_{sp}m_p + c_pm_pt_{līdzsv2} - c_pm_pt_{kuš} + t_{līdzsv2}(c_{kr}m_{kr} + c_{kaf}m_{kaf}) - \\ -t_{0k}(c_{kr}m_{kr} + c_{kaf}m_{kaf}) = 0$$

$$t_{līdzsv2}(c_pm_p + c_{kr}m_{kr} + c_{kaf}m_{kaf}) = c_{sp}m_pt_{0p} - L_{sp}m_p + t_{0k}(c_{kr}m_{kr} + c_{kaf}m_{kaf})$$

$$t_{līdzsv2} = \frac{c_{sp}m_pt_{0p} - L_{sp}m_p + t_{0k}(c_{kr}m_{kr} + c_{kaf}m_{kaf})}{c_pm_p + c_{kr}m_{kr} + c_{kaf}m_{kaf}}$$

Sasaldētā piena gabaliņa masa

$$m_p = \rho_pV_p = 1{,}2 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-6} = 9{,}6 \cdot 10^{-3}\ \text{kg}$$

$$t_{līdzsv2} = \frac{3103 \cdot 9{,}6 \cdot 10^{-3}(-18) - 3{,}34 \cdot 10^5 \cdot 9{,}6 \cdot 10^{-3} + 75(800 \cdot 0{,}15 + 4200 \cdot 0{,}2)}{3930 \cdot 9{,}6 \cdot 10^{-3} + 800 \cdot 0{,}15 + 4200 \cdot 0{,}2} = \mathbf{68{,}4\ ℃}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liela bija kafijas temperatūra, kad tika uzsākts pētījums?

– Pēc cik ilga laika kafija bija atdzisusi līdz 75 °C? Cik liela bija kafijas temperatūra vēl pēc 20 minūtēm?

Skolas pētījumā kafijas temperatūras maiņa atdzišanas procesā tika sākta, kad kafijas temperatūra bija 90 °C. Kafija līdz 75 °C bija atdzisusi aptuveni 19 minūšu laikā, savukārt vēl pēc 20 minūtēm kafija ir atdzisusi līdz **62 °C**. Nolasa kafijas temperatūras vērtības no dotā kafijas atdzišanas grafika (223. att.).

D Kondensācija.

2. Enerģijas patēriņš

A Ar kūku uzņemtais enerģijas daudzums:

- 100 g kūkas enerģētiskā vērtība ir 1654 kJ
- 120 g kūkas enerģētiskā vērtība x kJ

$$x = \frac{120 \cdot 1654}{100} = 1984{,}8\ \text{kJ}$$

Ar pārtiku uzņemtais enerģijas daudzums: $Q_{pārtika} = Q_{kafija} + Q_{kūka} = 147 + 1984{,}8 = 2131{,}8$ kJ

Enerģija fiziskām aktivitātēm: $Q_{sports} = 0{,}2 \cdot Q_{pārtika} = 0{,}2 \cdot 2131{,}8 = \mathbf{426{,}36\ kJ}$

Laiks, cik ilgi jāskrien, lai sadedzinātu visas ar pārtiku uzņemtās kalorijas:

- 1 minūtē sadedzinātās kalorijas sportojot: $Q_{minūtē} = \frac{4500}{60} = 75\ \frac{\text{kJ}}{\text{min}}$
- Cik ilgi jāskrien, lai sadedzinātu ar pārtiku uzņemtās kalorijas, ņemot vērā, ka fiziskām aktivitātēm aiziet 20% uzņemtās enerģijas: $t = \frac{Q_{sports}}{Q_{minūtē}} = \frac{426{,}36}{75} = \mathbf{5{,}68\ min}$

B Enerģijas daudzums, ko patērē skrienot:

- 25 minūtēs patērē 775 kJ enerģijas
- 7 minūtēs patērē Q_{skr} kJ enerģijas

$$Q_{skr} = \frac{7 \cdot 775}{25} = 217 \text{ kJ}$$

Ūdens masa, kas jāuzņem organismam ir tikpat liela, cik iztvaiko:

$$Q_{skr} = Q_{iztv} = Lm \implies m = \frac{Q_{skr}}{L} = \frac{217 \cdot 10^3}{22{,}6 \cdot 10^5} = \mathbf{0{,}096\ kg}$$

3. Piena ledus gabaliņi

A Kopējo siltuma daudzumu, kas nepieciešams, lai izkausētu un sasildītu vienu piena ledus gabaliņu, veido siltuma daudzums Q_1, kas nepieciešams, lai sasildītu no ledusskapja izņemto piena ledus gabaliņu līdz kušanas temperatūrai; siltuma daudzums Q_2, kas nepieciešams, lai izkausētu piena ledus gabaliņu, un Q_3, kas nepieciešams, lai sasildītu iegūto pienu līdz cilvēka ķermeņa temperatūrai.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = c_{sp}m_p(t_{kuš} - t_{sāk}) + L_{sp}m_p + c_p m_p(t - t_{kuš})$$

$$Q = 3103 \cdot 0{,}010 \cdot \big(0 - (-18)\big) + 3{,}34 \cdot 10^5 \cdot 0{,}01 + 3930 \cdot 0{,}01 \cdot (37 - 0) =$$
$$= 559 + 3340 + 1454 = \mathbf{5353\ J}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Cik daudz enerģijas cilvēks var patērēt ēšanas procesā ledus gabaliņa uzsildīšanai, lai nesāktu zaudēt enerģiju? Ņem vērā ledus piena gabaliņa enerģētisko vērtību!

– Cik liels siltuma daudzums nepieciešams, lai sasildītu ledus gabaliņu līdz 0 °C temperatūrai?

– Cik liels siltuma daudzums nepieciešams, lai izkausētu ledus gabaliņu, kas atrodas 0 °C temperatūrā?

– Vai apēdot piena ledus gabaliņu ar uzņemto enerģiju pietiks, lai sasildītu un izkausētu ledus gabaliņu?

Lai cilvēks nezaudētu enerģiju apēdot piena ledus gabaliņu, tad maksimāli cilvēka organisms ledus gabaliņa uzsildīšanai drīkst patērēt 2520 J (ledus piena gabaliņa enerģētiskā vērtība).

Lai sasildītu piena ledus gabaliņu no -18 °C līdz kušanas temperatūrai, nepieciešamais siltuma daudzums Q_1 = 559 J, lai izkausētu 0 °C temperatūrā esošo piena ledus gabaliņu, nepieciešamais siltuma daudzums Q_2 = 3340 J (skat. 3A risinājumu).

Tātad cilvēks apēdot piena ledus gabaliņu ar enerģētisko vērtību 2520 J, šo enerģiju patērēs, lai sasildītu piena ledus gabaliņu līdz 0 °C un daļēji to izkausēs. Lai izkausētu visu gabaliņu, jau būs nepieciešama papildus enerģija, jo $Q_1 + Q_2 > 2520$ J.

Tātad augstākā temperatūra līdz kurai var uzsildīt ledus gabaliņu tā ēšanas procesā ir **0 °C**.

C Siltuma daudzums, kas nepieciešams N = 7 piena ledus gabaliņu izkausēšanai un uzsildīšanai līdz cilvēka ķermeņa temperatūrai:

$$Q = Q_{sildīšana\,1} + Q_{kausēšana} + Q_{sildīšana2} = c_{sp}Nm_p(t_{kuš} - t_{sāk})L_{sp}Nm_p + c_p Nm_p(t - t_{kuš})$$

$$Q = 3103 \cdot 7 \cdot 0{,}01 \cdot \big(0 - (-18)\big) + 3{,}34 \cdot 10^5 \cdot 7 \cdot 0{,}01 + 3930 \cdot 7 \cdot 0{,}01 \cdot (37 - 0) =$$
$$= 3910 + 23380 + 10179 = 37469 \text{ J}$$

Ja zaudējot 1 gramu tauku, var iegūt $Q_0 = 38$ kJ enerģijas, tad tauku masa, kas jāzaudē, lai iegūtu enerģiju, ar kuru var izkausēt un sasildīt 7 ledus piena gabaliņus

$$m_t = \frac{Q}{Q_0} = \frac{37469}{38000000} = \mathbf{0{,}986\ g}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par siltumprocesiem un fāžu pārejām:

- siltuma bilance (1A, 1B jautājumi), siltuma daudzums vielas sildīšanai (1A, 1B, 3A, 3C), siltuma daudzums iztvaikošanai (2B), siltuma daudzums kausēšanai (3A, 3C), blīvums (1B), kondensācija (1D), enerģijas nezūdamības likums (2A, 2B, 3B), temperatūras maiņa laikā (1C).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- veidot fizikālo procesu matemātisko aprakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (1A, 1B);
- analizēt fizikāla rakstura informāciju tekstā (1A, 1B, 1C, 2. un 3.);
- aprakstīt fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (2A, 2B, 3A, 3C);
- saskatīt enerģijas nezūdamības likumu aprakstītajās situācijās (2A, 2B, 3B);
- izdarīt secinājumus, pamatojoties uz problēmas risinājumā iegūtajiem datiem (1C, 3B);
- analizēt procesu grafikus (1C);
- nolasīt datus no grafika (1C);
- saistīt SI un ārpussistēmas mērvienības (2A);
- pārveidot mērvienības (2A, 2B, 3C);
- veikt aprēķinus (1A, 1B, 2A, 2B, 3B, 3C).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt – 1D jautājums;
- aprakstīt, veikt darbību pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1A, 1B, 2A, 2B, 3A un 3C jautājums;
- salīdzināt, analizēt, izskaidrot cēloņus, sasaistīt, pielietot – 1C un 3B jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par siltuma procesiem un fāžu pārejām. Analizējot tekstā aprakstītās situācijas, skolēnam jāprot sastādīt siltuma bilances vienādojumus, kā arī aprakstīt enerģijas pārvērtības. Skolēnam jādemonstrē spēja analizēt grafikus un sasaistīt SI vienības ar ārpussistēmas mērvienībām – kalorijas ar džouliem.

10. klase

N2020-10-1. SASTRĒGUMI

1. **Uzvedinošs jautājums:**
– Cik kilometrā ir metri?

Viena automašīna stundas laikā veic attālumu 90 km = 90 000 m. Sadalām šo attālumu 50 m garos intervālos un iegūstam, ka 90 km garā intervālā atrodas N = $\frac{s}{x} = \frac{90000}{50} =$ **1800 automašīnas**. Ja stundas sākumā novērotājam pabrauc garām pirmā automašīna, tad stundas beigās pabrauc garām pēdējā no šīm 1800 automašīnām

2. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Kādā gadījumā attālums starp automašīnām mainās?
– Cik ilgst laika posms, kurā attālums starp automašīnām mainās?

Kad viena automašīnā šķērso pilsētas robežu, nākamā atrodas 45 m attālumā un turpina braukt ar ātrumu 90 km/h = 25 m/s.

$t = \frac{45\text{m}}{25\text{m/s}} = 1{,}8$ s. Šajā laikā pirmā automašīna brauc ar ātrumu 50 km/h, kas nozīmē, ka 1,8 sekunžu laikā satuvināšanas ātrums starp mašīnām ir 40 km/h, tātad, šajā laikā otrā mašīna veic attālumu $\text{x} = \frac{40\text{ km}}{\text{h}} \cdot 1{,}8\text{ s} = \frac{40 \cdot 1000\text{ m} \cdot 1{,}8\text{ s}}{3600\text{ s}} = 20\text{ m}$ attiecībā pret pirmo automašīnu un, kad otrā mašīna sasniedz pilsētas robežu, attālums starp automašīnām ir 45 m – 20 m = **25 m**.

Alternatīvs risinājums:

Nemainīgais lielums šajā situācijā ir automašīnu skaits, kas vienā laika vienībā pabrauc garām nekustīgam novērotājam. Automašīnu skaits $N = \frac{s}{x}$, automašīnas pārvietojas ar vidējo ātrumu 90 km/h ārpus pilsētas un 50 km/h – pilsētā $\text{v} = \frac{s}{t}$. Līdz ar to minēto situāciju apraksta izteiksme:

$$\frac{N}{t} = \frac{s_1}{tx_1} = \frac{s_2}{tx_2}$$

jeb

$$\frac{\text{v}_1}{x_1} = \frac{\text{v}_2}{x_2}$$

kur v ir pārvietošanās ātrums un x ir attālums starp automašīnām.

Attālums starp automašīnām pilsētā

$$x_2 = \frac{x_1 \text{v}_2}{\text{v}_1} = \frac{45 \cdot 50}{90} = \mathbf{25\text{ m}}$$

3. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Cik liels attālums automašīnai jāveic ar ātrumu 90 km/h kopš momenta, kad priekšā braucoša mašīna apstājas?
– Cik ilgā laikā šīs attālums tiks veikts? Par cik pieaugs sastrēguma garums pēc šī laika? Vai ņēmi vērā, ka sastrēguma laikā attālums starp automašīnām ir 6 m nevis 0?

Laika momentā, kad pirmā automašīnā apstājas, otra atrodas 45 m attālumā no tās, kas nozīme, ka otrai mašīnai jānobrauc 45 m - 6 m = 39 m līdz apstāšanas brīdim. Tātad, otrā automašīna apstāsies pēc $t = \frac{39\ \text{m}}{25\ \text{m/s}} = 1{,}56\ \text{s}$. Automašīnu rinda pieaug par 6 m 1,56 s laikā: $u = \frac{6\ \text{m}}{1{,}56\ \text{s}} = \mathbf{3{,}846\ \frac{m}{s}}$

Alternatīvs risinājums:

Ja mēs pārvietojamies ar to pašu ātrumu, ar kuru aug sastrēgums (apzīmēsim ar *u*), tad mēs redzam, ka automašīnas mums tuvojas ar ātrumu $v_t = v + u$, kur v ir automašīnu ātrums.

Tātad nākamā automašīna pievienojas sastrēgumam pēc laika $t_s = \frac{x_{90}}{v_t}$, kur x_{90} = 45 m ir attālums starp mašīnām pirms sastrēguma, un sastrēgums aug ar ātrumu $u = \frac{x_0}{t_s}$, kur x_0 = 6 m ir attālums starp automašīnām sastrēguma laikā. Tātad

$$u = \frac{x_0}{t_s} = \frac{x_0}{x_{90}} v_t = \frac{x_0}{x_{90}} (v + u)$$

Tātad ātrums *u*, ar kuru aug automašīnu rinda

$$u = \frac{x_0 v}{x_{90} - x_0} = \frac{6 \cdot 90}{45 - 6} = \mathbf{13{,}8\ \frac{km}{h}}$$

4. **Uzvedinošs jautājums:**

– Kad uz ielas ir mazāk automašīnas: kad jūs katrs braucat ar savu auto vai kad visi brauc vienā transporta līdzeklī?

1.b Satiksmes intensitāti tu nepalielini, ja neizmanto mehāniskos transporta līdzekļus

2.a Ja izmanto sabiedrisko transportu, tad tu izmanto transportu, kurš tāpat atrastos uz autoceļa. Izņēmums būtu, ja visi būtu izvēlējušies pārvietoties ar kājām, tad sabiedriskais transports nebūtu vajadzīgs.

3.c Ja tev jāizmanto privātais transports/taksometrs, tad samazini iespēju, ka citi arī izmantos privāto transportu. Aizved viņus!

4.d Taksometrs palielina satiksmes intensitāti papildus, jo bez tā, ka taksometrs aizved tevi, tam ir arī nepieciešams izbraukt cauri pilsētai, lai nokļūtu pie tevis.

Atbilde: 1b, 2a, 3c, 4d

5.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kā mainās attālums starp automašīnām katrā laika posmā?

– Vai ir kāds posms, kurā attālums starp automašīnām nemainās?

– Vai grafikam var būt lauzumi?

– Ar ko atšķiras ieliekts attāluma grafika posms no izliekta?

Apskatīsim, kā mainās attālums starp automašīnām katrā laika posmā (224. att.): 1) no $t = 0$ līdz $t = t_1$; 2) no $t = t_1$ līdz $t = t_2$; 3) no $t = t_2$ līdz $t = t_3$; 4) kad $t > t_3$.

1) Sākumā (laika posmā no $t = 0$ līdz $t = t_1$) attālums starp automašīnām palielinās vienmērīgi paātrināti, jo pirmā automašīna paātrinās, bet otrā stāv uz vietas. Grafika sākuma posms atbilst ieliektai parabolai.

2) Pēc tam (laika posmā no $t = t_1$ līdz $t = t_2$) abas automašīnas paātrinās ar vienu un to pašu paātrinājumu. Tātad attāluma izmaiņa ir bez paātrinājuma. Tomēr priekšā braucošajai mašīnai ir lielāks

sākuma ātrums nekā aiz tās braucošajai. Tātad attāluma izmaiņa pieaug ar nemainīgu ātrumu. Grafika nākamais posms ir taisne.

To var aprakstīt arī izmantojot kinemātikas sakarības:

- Pirmās automašīnas koordināte: $x_1 = x_{10} + \mathrm{v}_1 t + \frac{at^2}{2}$, jo pirmajai automašīnai ir ātrums tad, kad otrā automašīna uzsāk kustību.
- otrās automašīnas koordināte: $x_2 = x_{20} + \frac{at^2}{2}$, sākuma ātrums ir nulle.
- Attālums starp automašīnām mainās pēc likuma: $x_1 - x_2 = x_{10} - x_{20} + \mathrm{v}_1 t$ Iegūtā funkcija atbilst taisnes vienādojumam.

3) Beigās (laika posmā no $t = t_2$ līdz $t = t_3$) priekšējā automašīna pārvietojas ar nemainīgu ātrumu, bet aizmugurējā automašīna turpina paātrināties. Skatoties no aizmugurējās mašīnas viedokļa (pieņemot, ka aizmugurējā mašīna ir nekustīga) izskatās, ka priekšējā mašīna palēninās. Tāpēc grafika beigu posms atbilst izliektai parabolai.

To var aprakstīt arī izmantojot kinemātikas sakarības:

- Automašīnu koordinātas: $x_1 = x_{10} + \mathrm{v}_1 t$ un $x_2 = x_{20} + \mathrm{v}_2 t + \frac{at^2}{2}$
- Attālums starp automašīnām mainās pēc likuma: $x_1 - x_2 = (x_{10} - x_{20}) + (\mathrm{v}_1 - \mathrm{v}_2)t - \frac{at^2}{2}$ Iegūtā funkcija atbilst izliektai parabolai.

4) Jāņem vērā arī fakts, ka beigās abas automašīnas pārvietojas ar vienu ātrumu tāpēc attālums starp automašīnām kad $t > t_3$ nemainās.

Vēl dažas lietas, kam jāpievērš uzmanība grafikos:

- Koordinātes grafikam nevar būt lēcieni, jo tas nozīmētu, ka ir bezgalīgi liels ātrums kādā brīdī.
- Koordinātes grafikam nevar būt lauzumi, jo tas nozīmētu, ka ātrums ir mainījies ar lēcienu (bijis bezgalīgi liels paātrinājums).
- Koordinātes grafikam pārliekums (liekums mainās no ieliekta uz izliektu) nozīmē, ka paātrinājuma virziens ir mainījies.

Aprakstītajiem nosacījumiem atbilst grafiks **D** (224. att.).

B Uzvedinoši jautājumi:

– Cik lielu attālumu ir veikusi pirmā automašīna brīdī, kad otrā automašīna uzsāk kustību?

– Cik liels ir pirmās automašīnas paātrinājums? Vai pārgāji uz SI mērvienību sistēmu?

v = 50 km/h = 13,9 m/s

Automašīnas paātrinājums $a = \frac{\mathrm{v}}{t} = \frac{13{,}9}{10} = 1{,}39\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

Laikā t_1 priekšēja automašīna ir nobraukusi 3 m, kad aizmugurējā automašīna uzsāk kustību. Vienmērīgi paātrinātā kustībā, ja kustību sāk no miera stāvokļa $x = \frac{at_1^2}{2}$, no kurienes

$$t_1 = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3}{1{,}39}} = \mathbf{2{,}08\ s}$$

6.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Cik lielu attālumu veic 1. automašīna laikā t_3? Kādos posmos mēs varam iedalīt 1. automašīnas kustību? Cik lielu attālumu veic otrā automašīna šajā pašā laikā?

Sākotnējais attālums starp automašīnām ir x_0 = 6 m. Iespējami vairāki veidi, kā atrast attālumu starp automašīnām, kad tās abas brauc ar nemainīgu ātrumu (kad $t > t_3$). Apskatīsim vienu no tiem.

- Laika posmā no 0 līdz t_2 pirmā automašīna vienmērīgi paātrinās. Pirmā automašīna ātrumu 14 m/s sasniedz laika momentā t_2: $\mathrm{v_b} = at_2 \Rightarrow t_2 = \frac{\mathrm{v_b}}{a} = \frac{14}{2} = 7$ s. Tās veiktais attālums ir
$$x_{1a} = \frac{at_2^2}{2} = \frac{2 \cdot 7^2}{2} = 49 \text{ m}$$
- Otrā automašīna vienmērīgi paātrinās laika posmā no t_1 līdz t_3. Tā kā abām automašīnām ir vienādi paātrinājumi, otra automašīna šajā laika posmā ($t_3 - t_1 = t_2 = 7$ s) veiks tik pat lielu attālumu $x_{2a} = 49$ m
- Pirmā automašīna laika posmā no t_2 līdz t_3 brauc vienmērīgi un veic attālumu $x_{1\mathrm{v}} = \mathrm{v}_b(t_3 - t_2) = 14 \cdot 1 = 14$ m
- No laika momenta $t > t_3$ abas automašīnas brauc ar vienādu ātrumu 14 m/s un attālums starp tām vairs nemainās $x_{1-2} = x_0 + x_{1a} + x_{1\mathrm{v}} - x_{2a} = 6 + 49 + 14 - 49 = \mathbf{20\ m}$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Cik lielā attālumā no luksofora atrodas n-tā automašīna pirms tā sāk kustēties? Pēc kāda laika intervāla n-tā automašīna sāk kustēties? Kāda ir sakarība starp šiem diviem lielumiem?

– Kāda ir n-tās automašīnas kustība līdz luksoforam?

– Cik ilgi n-tā mašīna kustās paātrināti? Kādu ātrumu tā sasniedz paātrinātas kustības posma beigās?

Pieņemsim, ka paspēs izbraukt n automašīnas. n-tā automašīna atrodas attālumā 6n no luksofora. Tā kā automašīnas uzsāk kustību ik pēc 1 sekundes, tad n-tā automašīna uzsāks kustību pēc n sekundēm. Pirmās 7 sekundes n-tā automašīna kustās vienmērīgi paātrināti ar paātrinājumu 2 m/s^2, veicot 49 m lielu attālumu (sk. 6A atrisinājumu), līdz sasniedz ātrumu 14 m/s, ar kuru arī turpina kustēties t = 60 –7n sekundes. Tā veiks attālumu:

6n = 49 + 14 – (60 – 7-n), atrisinot vienādojumu, iegūstam, ka n = 39,55

Iegūtais rezultāts jānoapaļo uz augšu. Ja mēs iegūtu, piemēram, n = 0,2, tad pārbraukusi būtu tikai pirmā automašīna. 39,55 nozīmē, ka 39 automašīnas ir pilnībā pabraukušas garām luksoforam un 40. automašīna ir daļēji garām luksoforam.

Atbilde: **40** automašīnas

7.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda ir sakarība starp automašīnu skaitu, kas izbrauc cauri noteiktam ceļa posmam pirms ceļu sapludināšanas un pēc?

– Saliec automašīnas uz kopējā ceļa un izrēķini vidējo attālumu! Kā rēķina vidējo attālumu? Vai ņēmi vērā, ka starp automašīnām, kas brauc blakām attālums ir 0?

Aplūkosim, kas notiek uz pirmā un otrā autoceļa īsi pirms tie savienojas. Pirmajā autoceļā laikā τ izbrauc N_1 automašīnas

$$\frac{N_1}{\tau} = \frac{\mathrm{v}}{x_1}$$

kur v – automašīnu ātrums un x_1 – attālums starp automašīnām. Atbilstoši uz otrā ceļa automašīnu skaits, kas izbrauc laikā

$$\frac{N_2}{\tau} = \frac{\mathrm{v}}{x_2}$$

Visām automašīnām, kas laika vienībā izbrauc caur pirmo un otro autoceļu, jāizbrauc arī caur trešo autoceļu. Tātad

$$\frac{N_3}{\tau} = \frac{N_1 + N_2}{\tau} = \frac{N_1}{\tau} + \frac{N_2}{\tau} \Longrightarrow \frac{\mathrm{v}}{x_1} + \frac{\mathrm{v}}{x_2} = \frac{\mathrm{v}}{x_3}$$

Tā kā ātrums viens un tas pats, tad

$$\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} = \frac{1}{x_3} \quad \Longrightarrow \quad x_3 = \frac{x_1 \cdot x_2}{x_1 + x_2} = \frac{40 \cdot 60}{40 + 60} = \frac{2400}{100} = \mathbf{24\ m}$$

B Uzvedinošs jautājums:

– Cik automašīnas izbrauks caur 3. ceļa posmu vienā laika vienībā?

Līdzīgi kā iepriekšējā punktā (skat. 7A risinājumu) – visām automašīnām, kas laikā τ izbrauc caur pirmo un otro autoceļu, jāizbrauc arī caur trešo autoceļu. Tātad

$$\frac{N_3}{\tau} = \frac{N_1 + N_2}{\tau} = \frac{N_1}{\tau} + \frac{N_2}{\tau} \Longrightarrow \frac{\mathrm{v}_1}{x} + \frac{\mathrm{v}_2}{x} = \frac{\mathrm{v}_3}{x}$$

Tā kā attālums starp automašīnām ir viens un tas pats, tad

$$\mathrm{v}_3 = \mathrm{v}_1 + \mathrm{v}_2 = 3 + 5 = \mathbf{8\ \frac{km}{h}}$$

Sastrēgums rodas nevis šaurākajā brauktuves vietā, bet vietā, kur plata iela kļūst šaura vai vairākas ielas saiet vienā.

Piebilde:

Šis rezultāts sakrīt ar rezultātu, ko varētu iegūt rēķinot šķidrumu dinamikas uzdevumu, kur šķidrums no divām vienāda izmēra caurulēm saplūst trešajā tāda paša izmēra caurulē.

Kā arī iegūtais rezultāts sakrīt ar rezultātiem, ko iegūst rēķinot elektriskos slēgumus. Lielums N ir ekvivalents elektriskās strāvas stiprumam (izplūdušais lādiņš laika vienībā). Un sakarība $N_3 = N_1 + N_2$ ir ekvivalenta strāvas stipruma nosacījumam sazarojuma punktā.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas tēmā – mehānika/ķermeņa kustība:

- Vienmērīga kustība (jautājumi 1., 2., 3., 4., 7.) un vienmērīgi paātrināta taisnlīnijas kustība (jautājumi 5., 6.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t. sk.

- apraksta kustību izmantojot kustību raksturlielumus (viss uzdevums);
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības (1., 2., 3., 5., 6., 7.);
- analizē procesu grafikos (5A);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (5B).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veic darbības pēc algoritma, kombinē atsevišķus elementus – jautājumi 1., 5B;
- sasaista, saskata analoģiju un pielieto – jautājumi 2. un 3.;
- vispārina, prognozē, iztēlojas – jautājumi 4., 5A, 6., 7.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam ir nepieciešams izprast tikai vienmērīgu kustību (izņemot 6. un 7. jautājumu, kur jāzina vienmērīgi paātrināta kustība). Uzdevuma sarežģītība slēpjas tajā, ka skolēnam jārada un jāizmanto fizikāls lielums, ko tas iepriekš nav redzējis: satiksmes intensitāte. Uzdevumu iespējams atrisināt arī neizmantojot satiksmes intensitātes jēdzienu. Kā arī jautājumos 3. un 5A ir ērti pāriet uz kustīgu atskaites sistēmu.

N2020-10-2. *SLACKLINING* JEB PASTAIGA PA LENTI

1. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kādi spēki darbojas uz lenti aprakstītajā situācijā?

– Pie kāda nosacījuma ķermenis, kam ir pielikti vairāki spēki, atrodas līdzsvarā?

– Vai gadījumā, ja lente būs nostiepta ideāli taisni attiecībā pret horizontu, tiks līdzsvarots smaguma spēks?

Nav iespējams tā nostiept lenti, jo nostiepjot lenti ideāli taisni, tās sastiepuma spēks nerada vertikālo komponenti, kas kompensētu lentes smaguma spēku.

2.

A Lente nekustas nevienā virzienā, kad sportists to ir nostiepis. Tas nozīmē, ka visu spēku summa ir 0. Līdz ar to B dinamometrs rāda tik pat lielu vērtību kā A dinamometrs, t. i. F_B = **2 kN**.

B Lentes sastiepuma spēks visā lentē ir vienāds un sakrīt ar dinamometra rādījumu.

Sastiepuma spēks $F = k\Delta x$, kur lentes elastības koeficients $k = \frac{ES}{L_0}$

Lentes pagarinājums: $\Delta x = \frac{F}{k} = \frac{FL_0}{ES} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 10}{1 \cdot 10^9 \cdot 0{,}05 \cdot 0{,}004} = 0{,}1$ m = **10 cm**

3.

A Dinamometra A rādījums sakrīt ar dinamometra B rādījumu, jo sistēmai ir jābūt spēku līdzsvarā. F_B = **2,2 kN**.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki darbojas uz lenti aprakstītajā situācijā?

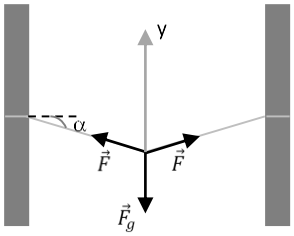
– Pie kāda nosacījuma ķermenis, kam ir pielikti vairāki spēki, atrodas līdzsvarā?

Lentes sastiepuma spēka vertikālajai komponentei ir jākompensē sportista smaguma spēks (skat. 398. att.) Tā kā lente tiek nostiepta uz abām pusēm no sportista, tad

$$F_g = 2F_y = 2Fsin\alpha$$

Sastiepuma spēku rāda dinamometrs: $F = F_A$

$$\alpha = arcsin\frac{F_g}{2F_A} = arcsin\frac{mg}{2F_A} = arcsin\frac{80 \cdot 10}{2 \cdot 2200} = \mathbf{10{,}5^0}$$



398. att.

4. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik liels ir lentes pagarinājums, ja ieliekuma leņķis ir nulle?

– Cik liels ir lentes sastiepuma spēks, ja ieliekuma leņķis ir nulle (atceries, ka visos uzdevuma jautājumos, izņemot pirmo, tiek uzskatīts, ka lentei nav masas)?

– Kā mainās lentes pagarinājums (un atbilstoši sastiepuma spēks), pieaugot ieliekuma leņķim?

Aplūkojam 399. attēlu.

Lentes sastiepuma spēks $F = F_e = k\Delta x$

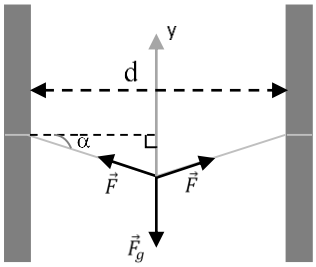
$$cos\alpha = \frac{d}{d + \Delta x} \Rightarrow \Delta x = \frac{d}{cos\alpha} - d$$

$$F = \frac{kd}{cos\alpha} - kd$$

Zināms, ka *k* = 10 kN/m un *d* = 10 m.

Ja pārbauda vērtības: 1) $\alpha = 0°$, tad *F* = 0 N; 2) ja $\alpha = 15°$, tad *F* = 3,5 kN

Pareizā atbilde ir **B** (228. att.).



399. att.

5. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kādi ir lentes līdzsvara nosacījumi projekcijās uz horizontālo un vertikālo virzieniem?

– Kāda sakarība pastāv starp lentes sastiepuma spēku pie A dinamometra un tā projekcijām uz vertikālo un horizontālo asīm?

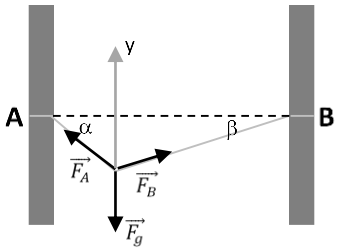
A Tā kā sistēma atrodas līdzsvarā, lentes sastiepuma spēka vertikālā un horizontālā komponente pie A dinamometra būs (400. att.):

$$F_{Ax} = F_{Bx} \text{ un } F_{Ay} = F_g - F_{By}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{F_{Bx}^2 + (F_g - F_{By})^2}$$

$$= \sqrt{(F_b cos\beta)^2 + (mg - F_b sin\beta)^2}$$

$$F_A = \sqrt{(1500 \cdot cos9^0)^2 + (80 \cdot 10 - 1500 \cdot sin9^0)^2} = \mathbf{1{,}59\ kN}$$



400. att.

B $tg\alpha = \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \frac{F_g - F_{By}}{F_{Bx}} = \frac{mg - F_b sin\beta}{F_b cos\beta} \Rightarrow \alpha = arctg\frac{mg - F_b sin\beta}{F_b cos\beta} = arctg\frac{80 \cdot 10 - 1500 \cdot sin9^0}{1500 \cdot cos9^0} = \mathbf{21^0}$

Alternatīvs risinājums:

Var spriest arī savādāk, vispirms no līdzsvara nosacījumiem horizontālajam un vertikālajam virzieniem nosakot leņķi un pēc tam, ievietojot leņķa vērtību kādā no spēka F_A projekcijām, noteikt dinamometra A rādījumu.

Līdzsvara nosacījums vektoru formā: $\overrightarrow{F_A} + \overrightarrow{F_B} + \overrightarrow{F_g} = 0$

Projicējot vektorus uz asīm un izsakot projekcijas ar moduļiem, iegūst:

Uz x ass: $F_A cos\alpha = F_B cos\beta \quad \Longrightarrow \; F_A = \frac{F_B cos\beta}{cos\alpha}$ (*)

Uz y ass: $F_A sin\alpha + F_B sin\beta = mg$

Aizvietojot pēdējā vienādojumā F_A ar (*), iegūst:

$$\frac{F_B cos\beta sin\alpha}{cos\alpha} + F_B sin\beta = mg \;\Longrightarrow\; F_B cos\beta tg\alpha + F_B sin\beta = mg \;\Longrightarrow$$

$$\Rightarrow \; tg\alpha = \frac{mg - F_B sin\beta}{F_B cos\beta} \approx 0{,}3816$$

$$\alpha = arctg0{,}3816 \approx \mathbf{21^0}$$

Ievietojot iegūto leņķa α vērtību izteiksmē (*), iegūst: $F_A = \frac{F_B cos\beta}{cos\alpha} = \frac{1500 \cdot cos9^0}{cos21^0} \approx \mathbf{1{,}59\ kN}$

6. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik liels ir sportista ātrums aplūkotās situācijas sākumā, kad sportists savā kritienā pieskaras lentei (salīdzini šo ātrumu ar nulli)?

– Kādi spēki darbojas uz sportistu posmā, kad viņš, jau pieskaroties lentei, turpina kustēties uz leju? Kā mainās šo spēku radītais paātrinājums?

– Kurā brīdī sportista ātrums sasniedz maksimālo vērtību?

Sportists, brīvi krītot, pieskaras lentei – tātad, sportista sākuma ātrums ir atšķirīgs no nulles (atbilstoši šīm spriedumam, var atmest atbilžu variantus B, D, F).

Posmā, kad sportists, jau pieskaroties lentei, turpina kustēties uz leju, uz viņu darbojas divu pretēji vērsti spēki: smaguma spēks (nemainās) un lentes sastiepuma spēks (pieaug tieši proporcionāli ieliekuma leņķim). Kamēr smaguma spēka modulis ir lielāks par lentes sastiepuma spēka moduli, paātrinājums ir vērsts uz leju (ātruma virzienā) un ātrums turpina pieaugt, bet arvien lēnāk. Ātruma vērtība būs maksimāla brīdī, kad sastiepuma spēks pēc moduļa kļūs vienāds ar smaguma spēku. Turpinot pieaugt ieliekuma leņķim (un proporcionāli arī sastiepuma spēkam), paātrinājuma virziens mainīsies uz pretējo un ātrums sāks samazināties. Aprakstītajai situācijai atbilst grafiks **E** (229. att.).

Alternatīvs risinājums

Uz jautājumu var atbildēt arī spriežot analītiski: No dotās rezultējošā atgriezējspēka formulas $F_s = 2k\alpha$ var secināt, ka, palielinoties ieliekuma leņķim, proporcionāli pieaug arī atgriezējspēks. Uz sportistu iedarbojas gan lentes sastiepuma spēks, gan smaguma spēks, tie vērsti pretējos virzienos.

$$F = ma \;\Longrightarrow\; a = \frac{F}{m} = \frac{F_g - F_s}{m} = \frac{mg - F_s}{m} = g - \frac{F_s}{m} = g - \frac{2k\alpha}{m}$$

Sākotnēji ieliekuma leņķis $\alpha = 0^0$, tāpēc paātrinājums $a = g$ ir vērsts ātruma virzienā, līdz ar to ātrums turpinās pieaugt. Tā kā uz sportistu darbojas arī gravitācijas spēks, ātruma izmaiņas grafiks sākumā būs

augošs līdz brīdim, kad lentes rezultējošais sastiepuma spēks kļūs lielāks par gravitācijas spēku (tas notiks pie $a = 0$ jeb $\propto = \frac{mg}{2k}$). Pēc tam, palielinoties leņķim, ātrums samazināsies. Līdz ar to pareizā atbilde ir grafiks **E** (229. att.).

7. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kāda veida enerģija piemīt sportistam $x_0 = 1$ m augstumā attiecībā pret lenti?

– Kādas enerģijas pārvērtības notiek jautājumā aprakstītajā situācijā?

– Kāda sakarība pastāv starp maksimālo lentes sastiepuma spēku brīdī, kas sportists tiek apturēts, un vidējo spēku F_{vid}?

A Lentei ieliecoties, sastiepuma spēks pieaug lineāri attiecībā pret ielieces leņķi, līdz ar to spēka vidējā vērtība būs vienāda ar pusi no spēka vērtības, kas darbojas uz sportistu, brīdī, kad sportists būs pilnībā apstājies. Lentes padarītais darbs absorbējot sportista enerģiju:

$$A = F_{vid} \cdot \Delta x = \frac{F_s \cdot \Delta x}{2} = \frac{2 \cdot k \cdot \alpha_{max} \cdot \Delta x}{2} = k \cdot \alpha_{max} \cdot \Delta x$$

Attālums, par kuru pārvietosies lente

$$tg\alpha_{max} = \frac{\Delta x}{0{,}5d} \implies \Delta x = 0{,}5d \cdot tg\alpha_{max} \; jeb \; \Delta x = 0{,}5d \cdot \alpha_{max}$$

Lentes darbs, apturot no augstuma krītošo sportistu, vienāds ar:

$$A = \Delta E_{pot}$$

$$k \cdot \Delta x \cdot \alpha_{max} = mg(x_0 + \Delta x)$$

$$k \cdot 0{,}5d \cdot \alpha_{max} \cdot \alpha_{max} = mg(x_0 + 0{,}5d \cdot \alpha_{max})$$

Iegūstam kvadrātvienādojumu

$$0{,}5kd \cdot \alpha_{max}^2 - 0{,}5dmg \cdot \alpha_{max} - mgx_0 = 0$$

Ievietojam dotos lielumus un atrisinām kvadrātvienādojumu, tādējādi atrodot jautājumā prasīto leņķi

$$0{,}5 \cdot 10000 \cdot 10 \cdot \alpha_{max}^2 - 0{,}5 \cdot 10 \cdot 80 \cdot 10 \cdot \alpha_{max} - 80 \cdot 10 \cdot 1 = 0$$

$$50000\alpha_{max}^2 - 4000 \cdot \alpha_{max} - 800 = 0$$

Atrisinot kvadrātvienādojumu, iegūstam divas saknes:

$$\alpha_{max1} = \mathbf{0{,}173 \text{ rad}} \text{ un } \alpha_{max2} = -0{,}093 \text{ rad (neder)}$$

B Lai aprēķinātu**,** par cik lielu attālumu būs ieliekusies lente brīdī, kad sportists būs pilnībā apstājies, salīdzinājumā ar sākuma stāvokli, jāizmanto iepriekš iegūtā sakarība (skat. 7A risinājumu).

$$\Delta x = 0{,}5d \cdot \alpha_{max} = 0{,}5 \cdot 10 \cdot 0{,}173 = \mathbf{0{,}864 \text{ m}}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Mijiedarbība un spēki: smaguma spēks, elastības spēks, Huka likums, absolūtais pagarinājums (1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B, 4., 5A, 5B, 6., 7A, 7B), Junga modulis (2B), Ņūtona likumi (2A, 3A); statika – līdzsvara nosacījums ķermenim, uz kuru darbojas vairāki spēki (1., 2A, 3A, 3B, 4., 5A, 5B, 7A, 7B).

- Darbs un enerģija: spēka darbs, noteiktā augstumā paceltā ķermeņa un elastīgi deformēta ķermeņa potenciālā enerģija, enerģijas nezūdamības likums (7A).

Uzdevuma risināšanas procesā skolēnam jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (1A, 3A, 3B, 5A, 5B, 6.);
- analizē ķermeņu līdzsvara nosacījumus (1., 2A, 3A, 5A, 5B);
- veic analītiskus spriedumus par procesiem un parādībām, izmantojot fizikas likumus (1A, 3A, 3B, 4., 5A, 5B, 6., 7A, 7B);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (2A, 2B, 4., 7A);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (7A);
- analizē procesu grafikus (4., 6.).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – 2A, 2B, 3A jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, klasificē, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – 1., 3B, 4., 5A, 5B, 6., 7B jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē – 7A jautājums.

Uzdevuma risināšanas gaitā skolēnam jāparāda prasme attēlot un analizēt spēkus (smaguma spēks, elastības spēks), kas aprakstītajā situācijā darbojas uz ķermeni, analizēt nosacījumus, ar kuriem ķermenis, ja tam ir pielikti vairāki spēki, dotajā atskaites sistēmā atrodas līdzsvarā, veikt darbības ar spēkiem vektoriālā un skalārā formā, projicēt spēkus uz izvēlētajām koordinātu asīm, veikt analītiskus spriedumus par procesiem un parādībām, izmantojot spēkus un to sakarības. Jāmodelē situācijas un jāanalizē modelēto situāciju robežnosacījumi, izmantojot izpratni par spēku darbību un ķermeņa paātrinājumu. Jāpielieto prasme izmantot un pārveidot funkcionālās sakarības fizikālo raksturlielumu noteikšanai – elastības spēks, absolūtais pagarinājums, Junga modulis, darbs, enerģija. Jāprot izmantot kalkulatoru ar trigonometriskajām funkcijām, noteikt leņķus grādos un/vai radiānos pēc to trigonometrisko funkciju vērtībām. Jāzina Pitagora teorēma un jāprot risināt kvadrātvienādojumus.

N2020-10-3. ATRAKCIJU PARKS

A Smaguma spēka vektors ir vērsts virzienā uz Zemes centru (attēlā -z). Berzes spēks vērsts pretēji iespējamas kustības virzienam (šajā gadījumā cilvēks bez atbalsta var sākt slīdēt uz leju, tāpēc miera berzes spēks ir vērsts pretēji, jeb vertikāli uz augšu (attēlā +z). Balsta (cilindra vertikālo sienu) reakcijas spēks ir tas spēks, kas liek cilvēkam mainīt savu ātruma virzienu, novirzot to uz centru, tādā veidā noturot cilvēku uz riņķveida trajektorijas, tātad, darbojas kā centrtieces spēks (attēlā virziens uz +y).

Spēks	+ x	- x	+y	-y	+z	-z	Nevienā no norādītajiem virzieniem	Tāds spēks neeksistē
Berzes spēks					x			
Smaguma spēks						x		
Balsta reakcijas spēks			x					
Kustības spēks								x

B **Uzvedinošs jautājums**:
– Kāda ir sakarība starp centrtieces paātrinājumu, leņķisko ātrumu un rādiusu?

Pēc 2. Ņūtona likuma, $F = ma_c \implies F = m\omega^2 R \implies$ **jo lielāks rādiuss, jo lielāks spēks** (pie nemainīga leņķiskā ātruma).

C Frekvence: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}35} = \mathbf{2{,}857\ Hz}$

Lineārais ātrums: $v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 5}{0{,}35} = \mathbf{89{,}7\ \frac{m}{s}}$

Centrtieces paātrinājums: $a_c = \frac{v^2}{R} = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2 R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{4 \cdot 3{,}14^2 \cdot 5}{0{,}35^2} = \mathbf{1609{,}7\ \frac{m}{s^2}}$

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki darbojas uz cilvēku karuselī?

– Kāda ir sakarība starp karuseļu sienas reakcijas spēka un berzes spēka moduļiem?

– Kāda ir sakarība starp berzes spēku un smaguma spēku, ja cilvēks neslīd gar sienu?

Cilvēks vertikālajā (z ass) virzienā nekustas, tātad

$$F_{berzes} = F_{sm} \implies \mu F_r = mg \implies F_r = \frac{mg}{\mu} \quad (1.)$$

Horizontālajā virzienā (y ass) karuseļa rotācijas dēļ uz cilvēku darbojas virsmas reakcijas spēks, kas šajā gadījumā darbojas kā centrtieces spēks:

$$F_r = ma_c = m\omega^2 R \qquad (2.)$$

Apvienojot šīs divas izteiksmes, iegūst:

$$m\omega^2 R = \frac{mg}{\mu} \implies \omega = \sqrt{\frac{g}{\mu R}} = \sqrt{\frac{10}{0{,}5 \cdot 5}} = \mathbf{2\ \frac{rad}{s}}$$

E Apgriezienu skaitu *N* laika posmā *t* var aprēķināt, dalot kopējo laiku *t* ar periodu *T*:

$$N = \frac{t}{T}, \text{kur } T = \frac{2\pi}{\omega} \implies N = \frac{t\omega}{2\pi} = \frac{25 \cdot 8{,}6}{2 \cdot 3{,}14} = \mathbf{34{,}2}\ \text{apgriezienus}$$

F Uzvedinoši jautājumi:

– Kādu spēku darbības rezultātā cilvēks izjūt rezultējošo paātrinājumu $a = 5g$? Kā šajā gadījumā var pierakstīt otro Ņūtona likumu?

Uz cilvēku darbojas smaguma spēks mg un balsta reakcijas spēks, kas ir vērsts perpendikulāri smaguma spēkam un šajā gadījumā darbojas kā centrtieces spēks $F_R = m\omega^2 R$. Šo divu spēku darbības rezultātā cilvēks izjūt rezultētojošo paātrinājumu $a = 5g$.

Pēc otrā Ņūtona likuma (tā kā smaguma spēka un reakcijas spēka vektori ir savstarpēji perpendikulāri, rezultējošo spēku nosaka pēc Pitagora teorēmas):

$$(5mg)^2 = (m\omega^2 R)^2 + (mg)^2$$

$$(\omega^2 R)^2 = 24g^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R}\sqrt{24}} = \sqrt{\frac{10}{5} \cdot \sqrt{24}} = \mathbf{3{,}13\ \frac{rad}{s}}$$

G Uzvedinoši jautājumi:

– Cik lielam jābūt minimālajam leņķiskajam ātrumam, lai cilvēks nenokristu, bet paliktu stāvēt vertikāli pie sienas (ja leņķis φ ir π/2)?

– Cik liels ir balsta reakcijas spēks robežgadījumā – pie minimālā leņķiskā ātruma, lai cilvēks nenokristu?

Aplūkosim spēkus, kas darbojas uz cilvēku, ja leņķis φ ir starp 0 un π/2 (401. att.):

Pēc 2. Ņūtona likuma: $\overrightarrow{F_{sm}} + \overrightarrow{F_r} + \overrightarrow{F_b} = m \cdot \overrightarrow{a_c}$

Projicējot vektorus uz asīm un izsakot projekcijas ar moduļiem, iegūst vienādojumus:

z ass: $F_b - mgsin\varphi = 0 \implies F_b = mgsin\varphi$ (1.)

y ass: $F_r + mgcos\varphi = m \cdot a_c$ (2.)

Ievērojot, ka $a_c = \omega^2 R$ un

$$F_b = \mu F_r \implies F_r = \frac{1}{\mu} F_b = \frac{1}{\mu} mgsin\varphi$$

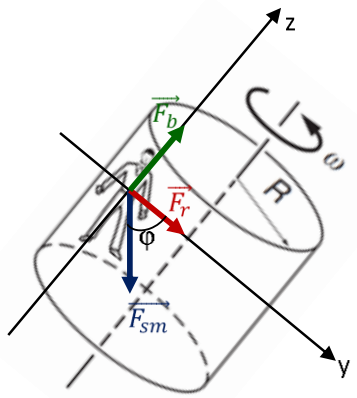
un, ievietojot iegūtās izteiksmes (2.) vienādojumā:

$$\frac{1}{\mu} mgsin\varphi + mgcos\varphi = m \cdot \omega^2 R$$

Izdalot abas puses ar *m* un pārveidojot izteiksmi, iegūst sakarību starp leņķisko ātrumu un cilindra pagriešanas leņķi φ:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R}\left(\frac{1}{\mu} sin\varphi + cos\varphi\right)}$$

ņemot vēra, ka μ = 1: $\omega = \sqrt{\frac{g}{R}(sin\varphi + cos\varphi)}$ (3.)



401. att.

Analizēsim iegūto izteiksmi. Tā kā leņķis φ mainās no 0 līdz π/2, izteiksme $sin\varphi + cos\varphi$ ir nenegatīva. Aplūkosim dažas iespējamas ω_{min} vērtības:

Ja leņķis φ = 0,

$$\omega(0) = \sqrt{\frac{10}{5}(0+1)} = \sqrt{2} \approx 1{,}41 \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Ja leņķis φ = π/2, $\omega(\pi/2) = \sqrt{\frac{10}{5}(1+0)} = \sqrt{2} \approx 1{,}41 \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

Ja leņķis φ = π/4, $\omega(\pi/4) = \sqrt{\frac{10}{5}\left(\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}\right)} = \sqrt{2\sqrt{2}} \approx 1{,}68 \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

No piedāvātajiem grafikiem aplūkotajam vērtībām atbilst tikai **grafiks A** (skat. 233. att.).

Alternatīvais risinājums

Var spriest arī savādāk, vispirms analizējot piedāvātas situācijas robežgadījumus, kad leņķis starp karuseļa rotācijas asi un horizontālo plakni ir 0 un π/2.

1) Ja leņķis ir π/2, skat. risinājumu punktā 1D

$$\omega_{min} = \sqrt{\frac{g}{\mu R}} = \sqrt{\frac{10}{1 \cdot 5}} = 1{,}41 \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

2) Ja leņķis ir 0

Spēki, kas darbojas uz cilvēku, kas atrodas karuseļa augšpusē:

$$mg + F_r = m\omega^2 R$$

Cilvēks nokritīs, kad $F_r = 0$, tātad robežgadījumā:

$$mg = m\omega^2 R$$

$$\omega_{min} = \sqrt{\frac{g}{R}} = \sqrt{\frac{10}{5}} = 1{,}41 \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

skaitliski šī vērtība sakrīt ar ω_{min}, kad leņķis ir π/2.

Lai noteiktu grafika formu, jāapskata spēki, kas darbojas uz cilvēku, ja leņķis φ ir starp 0 un π/2. Šajā gadījumā:

$$mgcos\varphi + F_r = m\omega^2 R$$

$$mgsin\varphi = \mu F_r$$

$$F_r = \frac{mgsin\varphi}{\mu}$$

ko ievietojam izteiksmē:

$$mgcos\varphi + \frac{mgsin\varphi}{\mu} = m\omega^2 R$$

Leņķiskais ātrums $\omega = \sqrt{\frac{gcos\varphi}{R} + \frac{gsin\varphi}{\mu R}}$. Ievietojot *g*, *R* un μ skaitliskās vērtības, iegūstam meklēto funkciju

$$\omega = \sqrt{\frac{gcos\varphi}{R} + \frac{gsin\varphi}{\mu R}} = \sqrt{\frac{10cos\varphi}{5} + \frac{10sin\varphi}{1 \cdot 5}} = \sqrt{2cos\varphi + 2sin\varphi}$$

Atbilde: funkcijas grafiks, kas atbilst aprakstam ir **A** (skat. 233. att.).

2.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki darbojas uz cilvēku karuselī jautājumā aprakstītajā situācijā?

– Kā ir vērsts centrtieces paātrinājums?

– Kā ērtāk izvēlēties x un y ass virzienus spēku un paātrinājuma projicēšanai?

Attēlosim spēkus, kas darbojas uz cilvēku karuselī:

Berzes spēks ir vērsts gar plakni uz augšu, jo cilvēks slīdēs uz leju.

Pēc 2. Ņūtona likuma: $\overrightarrow{F_{sm}} + \overrightarrow{F_r} + \overrightarrow{F_b} = m \cdot \overrightarrow{a_c}$

Projicējot vektorus uz asīm un izsakot projekcijas ar moduļiem, iegūst vienādojumus:

y ass: $-mg + F_r cos\alpha + F_b sin\alpha = 0 \implies$ t.k. $F_b = \mu F_r$: $\qquad F_r cos\alpha + \mu F_r sin\alpha = mg$

x ass: $F_r sin\alpha - F_b cos\alpha = m\omega^2 R \implies F_r sin\alpha - \mu F_r cos\alpha = m\omega^2 R$

Izsakot F_r no abiem vienādojumiem un tos pielīdzinot, var izteikt meklēto leņķisko ātrumu:

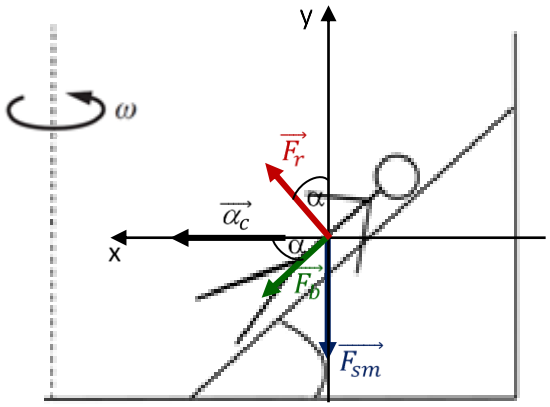
$$\begin{cases} F_r = \dfrac{mg}{cos\alpha + \mu sin\alpha} \\ F_r = -\dfrac{m\omega^2 R}{\mu cos\alpha - sin\alpha} \end{cases} \implies \frac{mg}{cos\alpha + \mu sin\alpha} = -\frac{m\omega^2 R}{\mu cos\alpha - sin\alpha}$$

$$\omega_{min} = \sqrt{\frac{g(sin\alpha - \mu cos\alpha)}{R(cos\alpha + \mu sin\alpha)}} = \sqrt{\frac{10(sin30^0 - 0{,}5cos30^0)}{5(cos30^0 + 0{,}5sin30^0)}} = \mathbf{0{,}346}\ \frac{\mathbf{rad}}{\mathbf{s}}$$

B Uzvedinošs jautājums:

– Kā šajā situācijā, salīdzinājumā ar iepriekšējo jautājumu, mainīsies miera berzes spēka virziens?

Attēlosim spēkus, kas darbojas uz cilvēku karuselī (402. att.).



402. att.

Berzes spēks šajā gadījumā ir vērsts uz leju gar plakni.

Pēc 2. Ņūtona likuma: $\overrightarrow{F_{sm}} + \overrightarrow{F_r} + \overrightarrow{F_b} = m \cdot \overrightarrow{a_c}$

Projicējot vektorus uz asīm un izsakot projekcijas ar moduļiem, iegūst vienādojumus:

y ass: $-mg + F_r cos\alpha - F_b sin\alpha = 0 \implies$

t.k. $F_b = \mu F_r$: $\qquad F_r cos\alpha - \mu F_r sin\alpha = mg$

x ass: $F_r sin\alpha + F_b cos\alpha = m\omega^2 R \implies$

t.k. $F_b = \mu F_r$: $\qquad F_r sin\alpha + \mu F_r cos\alpha = m\omega^2 R$

analogi kā iepriekšējā punktā, izsakot F_r no abiem vienādojumiem un tos pielīdzinot, var izteikt meklēto leņķisko ātrumu.

$$\begin{cases} F_r = \dfrac{mg}{cos\alpha - \mu sin\alpha} \\ F_r = \dfrac{m\omega^2 R}{sin\alpha + \mu cos\alpha} \end{cases} \implies \frac{mg}{cos\alpha - \mu sin\alpha} = \frac{m\omega^2 R}{sin\alpha + \mu cos\alpha}$$

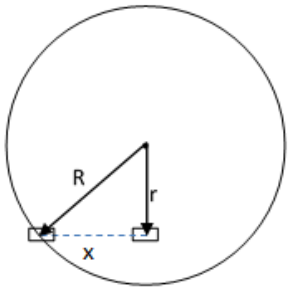
$$\omega_{max} = \sqrt{\frac{g(sin\alpha + \mu cos\alpha)}{R(cos\alpha - \mu sin\alpha)}} = \sqrt{\frac{10(sin30^0 + 0{,}5cos30^0)}{5(cos30^0 - 0{,}5sin30^0)}} = \mathbf{1{,}74}\ \frac{\mathbf{rad}}{\mathbf{s}}$$

3. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kā ir vērsts momentānā ātruma vektors, klucītim rotējot, atrodoties uz karuseļa jumta? Cik liels ir šīs ātrums?

– Cik lielu attālumu veiks klucītis no karuseļa apstāšanās momenta (kad klucītis sāks pārvietoties attiecībā pret karuseļa jumtu) līdz jumta malas sasniegšanas momentam? Kādi spēki darbojas uz klucīti iepriekšējā teikuma aprakstītajā situācijā? Cik liels ir šo spēku piešķirtais klucīša paātrinājums?

- Kad karuselis apstājas, klucītis uzsāk kustību pa pieskari riņķa līnijai, kuras rādiuss r = 4 m.
- Klucīša lineārais ātrums karuseļa apstāšanās brīdī $v = \omega r$
- Attālums x, kādu veiks klucītis no savas atrašanās vietas līdz jumta malai, ir atrodams pēc Pitagora teorēmas: $x = \sqrt{R^2 - r^2}$ (sk. 403. attēlu).



403. att.

Šo attālumu ar sākuma ātrumu, beigu ātrumu un paātrinājumu saista sakarība

$$x = \frac{v_{beigu}^2 - v^2}{2a}$$

Izsakot beigu ātrumu no šīs sakarības, iegūst:

$$v_{beigu} = \sqrt{2ax + v^2}$$

- Karuseļa jumta plaknē uz klucīti darbojas tikai berzes spēks $F_b = \mu F_r = \mu mg$ un tā radītais paātrinājums $a = -\mu g$ ir negatīvs, jo tas vērsts pretēji ātrumam, bremzējot klucīti.
- Ātrums, ar kādu klucītis atraujas no jumta

$$v_{beigu} = \sqrt{2ax + v^2} = \sqrt{-2\mu g x + (\omega r)^2} = \sqrt{-2\mu g\sqrt{R^2 - r^2} + (\omega r)^2} =$$

$$= \sqrt{-2 \cdot 0{,}5 \cdot 10\sqrt{5^2 - 4^2} + (3 \cdot 4)^2} = \mathbf{10{,}68\ \frac{m}{s}}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Ķermeņu kustība: vienmērīgi paātrināta kustība (jautājums 3.) un kustība pa riņķa līniju (jautājumi 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G, 2A, 2B, 3.).
- Mijiedarbība un spēki: smaguma spēks, berzes spēks, balsta reakcijas spēks (jautājumi 1A, 1B, 1D, 1G, 2B, 3.), svars (jautājums 1F), Ņūtona likumi (jautājumi 1B, 1D, 1F, 1G, 2A, 2B, 3.).

Uzdevuma risināšanas procesā skolēnam jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājumi 1A, 1F, 1G, 2A, 2B, 3.);
- izmanto un pārveido funkcionalās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1B, 1D, 1E, 1F, 1G, 2A, 2B, 3.);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1D, 1G, 2A, 2B, 3.);
- skaidro procesus, lietojot fizikālos modeļus / modelē fizikālos procesus (jautājumi 1G, 2A, 2B, 3.);
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības (jautājums 1G);
- analizē procesu grafikus (jautājums1G).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – 1A, 1C, 1E jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, klasificē, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas, pielieto, formulē jautājumus – 1B, 1D, 1F, 2A, 2B jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – 1G, 3. jautājums.

Uzdevumi, kas prasa analizēt spēku sadalījumu rotācijas kustībā, tradicionāli sagādā grūtības olimpiāžu dalībniekiem. Risinot šo uzdevumu, skolēnam jāprot attēlot un analizēt spēkus (smaguma spēks, berzes spēks, balsta reakcijas spēks, svars), kas aprakstītajā situācijā darbojas uz ķermeni, veidot funkcionālās sakarības starp ķermeņa masu, paātrinājumu un spēkiem, kas darbojas uz ķermeni, veikt darbības ar spēkiem vektoriālā un skalārā formā, projicēt spēkus uz izvēlētajām koordinātu asīm, modelēt situācijas un analizēt modelēto situāciju robežnosacījumus, izmantojot izpratni par smaguma spēku, balsta reakcijas spēku un berzes (miera un slīdes) spēku. Nepieciešams izmantot un pārveidot funkcionālas sakarības kustības raksturlielumu noteikšanai – leņķiskais ātrums, lineārais ātrums, paātrinājums, centrtieces paātrinājums, laiks, periods, frekvence, veiktais ceļš. Jāpielieto matemātikas zināšanas, veicot matemātiskās darbības ar trigonometriskajam funkcijām (sinuss, kosinuss), analizējot to vērtību izmaiņu dažādiem argumentiem.

11. klase

N2020-11-1. GAISA BURBULIS ŪDENĪ

1. Burbuļa izmērs

A $p = p_{atm} + \rho g h = 1 \cdot 10^5 + 1000 \cdot 10 \cdot 10 = 2 \cdot 10^5 \text{Pa} =$ **200 kPa**

B Burbuļa tilpums $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{\pi d^3}{6}$

Temperatūra $T = t + 273$

$$pV = \frac{m}{M}RT \implies m = \frac{pVM}{RT} \implies$$

$$m = \frac{pM\pi d^3}{6R(t+273)} = \frac{150 \cdot 10^3 \cdot 44 \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}5 \cdot 10^{-2})^3}{6 \cdot 8{,}31 \cdot (12+273)} =$$

$$= 1{,}82 \cdot 10^{-7}\ \text{kg} = 1{,}82 \cdot 10^{-4}\ \text{g} = 1{,}82 \cdot 10^{5}\ \text{ng} =$$ **182000 ng**

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kā izotermiskajā procesā mainās tilpums, samazinoties spiedienam?

– Kā mainās diametrs, mainoties burbuļa tilpumam?

Izotermiskā procesā

$$p_o V_0 = p_{atm} V_1 \implies \frac{V_1}{V_o} = \frac{p_0}{p_{atm}}$$

Burbuļa tilpums $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{\pi d^3}{6}$

$$\frac{d_1^3}{d_0^3} = \frac{p_0}{p_{atm}} \implies \frac{d_1}{d_0} = \sqrt[3]{\frac{p_0}{p_{atm}}} = \sqrt[3]{\frac{250 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^5}} =$$ **1,36** reizes

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki darbojas uz burbuli ūdenī? Kuru no šiem spēkiem, atbilstoši jautājuma nosacījumiem, var neņemt vērā?

– No kādiem lielumiem ir atkarīgs cēlējspēks (Arhimēda spēks)?

– Vai cēlējspēks ir atkarīgs no iegremdēšanas dziļuma?

Uz gāzes burbuli darbojas Arhimēda spēks un smaguma spēks. Tā kā jautājuma formulējumā ir teikts, ka gāzes blīvums nav jāņem vērā, smaguma spēks šajā situācijā ir daudzas reizes mazāks par cēlējspēku un to neņemsim vērā:

$$F = F_A = \rho_{šķ} g V = \rho_{šķ} g \frac{\pi d^3}{6} = 1000 \cdot 10 \cdot \frac{3{,}14 \cdot (1 \cdot 10^{-2})^3}{6} = \mathbf{5{,}24\ mN}$$

Spēks darbojas virzienā **uz ūdenstilpnes augšpusi**.

E Uzvedinoši jautājumi:

– No kā ir atkarīgs spiediens burbuļos?

– Kas mainījās, diviem burbuļiem saplūstot kopā?

Gāzes spiediens **nemainījās**, jo nemainījās procesā hidrostatiskais spiediens. Procesā netika paveikts darbs, siltuma enerģija netika pievadīta no ārpuses, līdz ar to gāzes temperatūra **nemainījās**.

2. Burbuļa ātrums

A Ātruma vērtību nolasa no grafika (235. att.) $v_{max} = \mathbf{1{,}2\ \frac{m}{s}}$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Cik ir 95% no maksimālā ātruma?

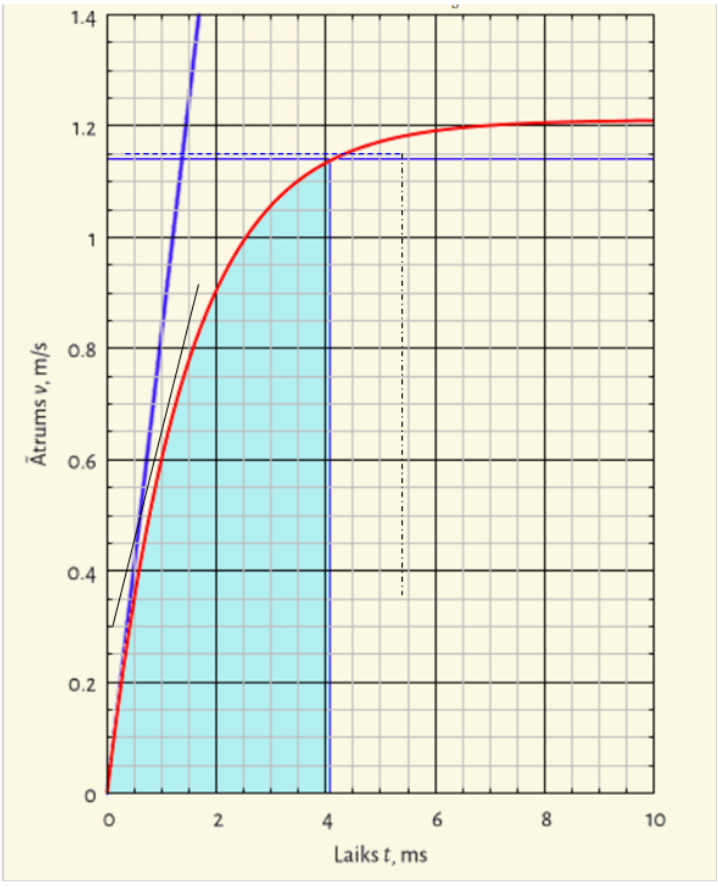
– Kā var noteikt ceļu, ja ir dots ātruma grafiks?

– Cik lielam ceļam atbilst viena rūtiņa ātruma grafikā? Kādu paņēmienu ērtāk izmantot rūtiņu saskaitīšanai zem grafika?

Veiktais attālums ir laukums zem ātruma grafika.

95% no maksimālā ātruma ir 1,14 m/s. No grafika nolasa, ka šādu ātrumu burbulis sasniegs aptuveni 4 ms laikā.

Ja ir dots ātruma grafiks, veikto ceļu aprēķina kā laukumu zem ātruma grafika (404. att.). Laukumu nosaka, saskaitot rūtiņas. Rūtiņu saskaitīšanai var izmantot sekojošu paņēmienu: saskaitīt visas pilnās rūtiņas, bet visas nepilnās rūtiņas (tās, kas atrodas uz ātruma līknes robežas) tuvināti skaitīt kā pusi no pilnām rūtiņām. Rūtiņu skaits ≈ 128 rūtiņas.



404. att.

Katras rūtiņas laukums: $0{,}05\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0{,}5\ \text{ms} = 2{,}5 \cdot 10^{-5}\ \text{m}$

Veiktais attālums $z = 128 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-5} = 3{,}20 \cdot 10^{-3}\ \text{m} =$ **3,2 mm**

C Paātrinājums raksturo ātruma izmaiņas straujumu, jo lielāks paātrinājums, jo ātrāk pieaug ātrums. Tātad, lai noteiktu maksimālo paātrinājumu, jānovērtē ātruma izmaiņa laikā no dotā grafika kustības sākumā (pie t = 0 s), kur ātrums mainās visstraujāk:

$$a = \frac{\Delta \text{v}}{\Delta t} = \frac{0{,}2}{0{,}5 \cdot 10^{-3}} = \mathbf{800}\ \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s^2}}$$

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kādās mērvienībās mēra spēku F, berzi raksturojošo lielumu μ, burbuļa rādiusu R un kustības ātrumu v?

– Kā mērvienību ņūtons var izteikt ar kg, m un s?

No mērvienību analīzes

$$[F] = [\mu][R^{\alpha}]\left[\text{v}^{\beta}\right]$$

jeb

$$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \cdot \text{m}^{\alpha} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^{\beta}$$

Tā kā pakāpēm abās pusēs pie atbilstošajām mērvienībām jāsakrīt, iegūstam

$\text{m}^1 = \text{m}^{\propto+\beta-1}$ un $\text{s}^{-2} = \text{s}^{-(1+\beta)}$

Tātad $-2 = -(1+\beta) \implies \boldsymbol{\beta = 1}$ un $1 = \propto +\beta - 1 \implies \boldsymbol{\alpha = 1}$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Ķermeņu kustība: ceļš, ātrums, paātrinājums, ceļa un paātrinājums noteikšana pēc ātruma grafika (jautājumi 2A, 2B, 2C, 2D).
- Mijiedarbība un spēki: smaguma spēks, kopspēks (jautājums 1D).
- Šķidrumu un gāzu mehāniskās īpašības: hidrostatiskais spiediens, atmosfēras spiediens (jautājumi 1A, 1C, 1E), cēlējspēks jeb Arhimēda spēks (jautājums 1D).
- Gāzu likumi: ideālās gāzes parametri, molmasa, ideālās gāzes stāvokļa vienādojums (jautājumi 1B, 1C), izotermiskais process (jautājums 1C).

Uzdevuma risināšanas procesā skolēnam jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1A, 1B, 1C, 1D, 2B, 2C, 2D);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (1B, 1C, 1D, 1E);
- nolasa un interpretē datus no grafika (jautājumi 2A, 2B, 2C, 2D);
- veic fizikālo lielumu dimensionālo analīzi (2D).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, identificē, veic vienkāršu darbību – 1D, 2A jautājums;
- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – 1A, 1B, 2C jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – 1C, 1D, 1E, 2B, 2D jautājums.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jāpielieto prasme izmantot un pārveidot formulas (ideālās gāzes stāvokļa vienādojums, sakarība starp lodes tilpumu un diametru) gāzes raksturlielumu aprēķināšanai, izvērtēt parametrus, no kuriem ir atkarīgs Arhimēda spēks, izvērtēt fizikālo lielumu (tilpums, spiediens, temperatūra) maiņu, izmantojot funkcionālās sakarības starp tiem. Jāprot izmantot kalkulatoru kubiskās saknes aprēķināšanai.

Jānolasa un jāinterpretē dati no grafika, jānosaka pēc ātruma grafika paātrinājums un veiktais ceļš (izmantojot grafisko tuvinājuma metodi līklīnijas trapeces laukuma noteikšanai). Jāzina lodes tilpuma aprēķināšanas formula.

N2020-11-2. IZTVAIKOŠANA

1.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kā var izteikt siltuma daudzumu, kas izdalās, sākotnējai ūdens masai atdziestot par vienu grādu?

– Kā var izteikt siltuma daudzumu, kas nepieciešams noteiktas ūdens masas iztvaikošanai?

– Kā var pārveidot izteiksmi, lai izteiktu sākotnējās ūdens masas daļu, kas iztvaikos, kamēr ūdens atdziest par vienu grādu?

Ja atdzišanas laikā atdotais siltums tiek aizvadīts šķidrumam iztvaikojot, tad no siltuma bilances

$$cm\Delta T = L\Delta m$$

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{c\Delta T}{L} = \frac{4200 \cdot 1}{2260000} = 0{,}0018584 = \mathbf{0{,}186\%}$$

B Traukā ar temperatūru T_1. Ja ūdens masas izmaiņas ir mazas, tad uz katru grādu tiks zaudēti 0,186% no ūdens masas. Līdz ar to, ja trauku beigu temperatūras ir vienādas, tad trauks, kura sākotnējā temperatūra ir augstāka, zaudēs lielāku masu, jo arī iztvaikošanas process tajā notiek ilgāk.

C Ūdens zudumi būs maksimāli, kad ūdens sākotnējā temperatūra būs maksimālā iespējamā: 100 °C. Šajā gadījumā, ūdenim atdziestot, tiks zaudēti **18,6%** no sākotnējās masas, kas ietekmēs (paātrinās) turpmāko ūdens sasalšanu.

Atzīmēsim (uzdevumā tas nav prasīts), ka precīzāka sakarība, kas apraksta masas zudumus, atrodama, atrisinot diferenciālvienādojumu

$$\frac{dm}{dT} = -\frac{cm(T)}{L}$$

To atrisinot, iegūstam

$$m = Ce^{-\frac{cT}{L}}$$

un masas izmaiņa, atdziestot no T_0 = 100 grādiem līdz T_b = 0 grādiem būs

$$1 - e^{-\frac{c(T_b - T_0)}{L}} \approx \mathbf{17\%}$$

2. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik liels ir piesātināta ūdens tvaika spiediens pie 100 °C?

– No kā tiek iegūta iztvaikošanai nepieciešamā siltuma enerģija?

Tā kā ūdens temperatūra ir 100 °C, tad p = 1 atm (pēc vārīšanās temperatūras definīcijas), tādēļ vienā sekundē tiks zaudēts $|\Delta m| = \beta p \Delta t = \mathbf{1{,}01 \cdot 10^5 \cdot \beta\,kg}$ ūdens.

Tā kā $cm\Delta T = L\Delta m \; un \;\; \Delta m = -\beta p \Delta t,$ iegūstam $cm\Delta T = -L\beta p \Delta t$ jeb

$$\Delta T = -\frac{L\beta p \Delta t}{cm}$$

Vienā sekundē ūdens temperatūra tādējādi pazemināsies par

$$\Delta T = \frac{L\beta p \Delta t}{cm} = \frac{2260000 \cdot 1{,}01 \cdot 10^5 \cdot 1}{4200 \cdot 1} \cdot \beta = \mathbf{5{,}43 \cdot 10^7 \cdot \beta\,°C}$$

3.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Cik reižu lielāks ir ūdens tvaika spiediens pie 100 °C grādiem par spiedienu pie 60 °C?

– Kā iztvaikošanas ātrums ir atkarīgs no ūdens tvaika spiediena (skatīt sakarību iepriekšējā jautājumā)?

Straujāk atdzisīs trauks ar temperatūru T_2. No grafika (236. att.) nolasām, ka pie 60 °C ūdens tvaika spiediens ir aptuveni 5 reizes zemāks nekā pie 100 °C, tādēļ, saskaņā ar iepriekšējā punktā izvesto sakarību, arī ūdens traukā ar temperatūru 100 °C atdzisīs **5** reizes straujāk.

B Uzvedinošs jautājums:

– Vai brīdī, kad ūdens temperatūra abos traukos tuvojas 0 °C, abos traukos būs vienāda ūdens masa?

Straujāk atdzisīs trauks ar temperatūru T_2. Tā kā trauku temperatūras būs vienādas, būs vienāds arī tvaika spiediens. Taču, saskaņā ar 1. jautājuma A un B punktos atrasto, atšķirsies ūdens masas abos traukos. Trauks ar sākotnējo temperatūru 100 °C būs zaudējis 18,6% no ūdens masas, kamēr trauks ar sākotnējo temperatūru 60 °C – tikai 60 · 0,00186 = 11,2%. Līdz ar to sākotnēji karstākais trauks atdzisīs

$$\frac{1-0{,}112}{1-0{,}186} = \mathbf{1{,}09}$$ reižu straujāk.

Tādējādi redzam, ka karstākais trauks gan procesa sākumā, gan beigās – atdzisīs straujāk nekā vēsākais trauks.

4. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kāda parādība dod vislielāko ieguldījumu Mpembas efekta izskaidrošanā?

– Kad iztvaikošana notiek straujāk – pie 100 °C vai pie 10 °C?

– Kurā no jautājumā aplūkotajiem gadījumiem šķidruma masas atšķirības pie vienādas temperatūras sasniegšanas būs ievērojamākas?

Tā kā uzdevuma ievadā teikts, ka šajā uzdevumā tiks aplūkota tikai viena no parādībām, kas var dot ieguldījumu Mpembas efekta izskaidrošanā: šķidruma iztvaikošana, kas jāņem vērā, ja šo efektu pēta vaļējos traukos, pie pareizās atbildes var nonākt, spriežot par iztvaikošanas procesa intensitāti pie dažādām temperatūrām. Visintensīvāk iztvaikošana notiek pie 100 °C, tāpēc tieši šajā intervālā iztvaikošanas procesam tiek patērēts vislielākais siltuma daudzums, kas nozīmē, ka atdzišana notiek visstraujāk. Dēļ intensīvās iztvaikošanas arī šķidruma masa, ūdenim atdziestot no 100 °C līdz 95 °C, samazinās visstraujāk, tāpēc ūdens ar sākotnējo temperatūru 100 °C atdzesēšanai būs vajadzīgs **īsāks** laiks nekā ūdens – ar sākotnējo temperatūru 95 °C. Iztvaikošanas ātrums pie 5 °C un 10 °C praktiski neatšķiras, tāpēc pie vienādām sākotnējām masām ūdens ar sākotnējo temperatūru 10 °C atdzesēšanai būs vajadzīgs **ilgāks** laiks nekā ūdens ar sākotnējo temperatūru 5 °C.

Uzdevumu var atrisināt arī spriežot analītiski:

Ūdens atdzišana visstraujāk notiks brīdī uzreiz pēc trauka ievietošanas saldētavā, kad tā temperatūra ir T_0 un atdzišanas ātrums ir (sk. 2.jautājuma risinājumu):

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = -\frac{L\beta p(T_0)}{cm}$$

Ja vidējais atdzišanas ātrums ir proporcionāls maksimālajam atdzišanas ātrumam, tad

$$\left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right)_{vid} \sim -\frac{L\beta p(T_0)}{cm}$$

No vidējā ātruma definīcijas $\left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right)_{vid} = \frac{T_0 - 0}{t}$ iegūstam, ka atdzišanai līdz 0 °C vajadzīgais laiks t būs vienāds ar

$$t = T_0 / \left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right)_{vid}$$

un ir tādēļ proporcionāls $\frac{T_0}{p(T_o)}$, lielumam, kas attēlots grafikā (237. att.).

A Tā kā šī lieluma vērtība pie 10 °C ir lielāka nekā pie 5 °C, tad secinām, ka ūdens ar sākotnējo temperatūru 10 °C atdzesēšanai būs vajadzīgs **ilgāks** laiks nekā ūdens ar sākotnējo temperatūru 5 °C.

B Līdzīgi iegūstam, ka ūdens ar sākotnējo temperatūru 100 °C atdzesēšanai būs vajadzīgs **īsāks** laiks nekā ūdens – ar sākotnējo temperatūru 95 °C.

5. Piemērotāks būs **plats trauks** (ar lielu šķidruma virsmu), jo, ja šķidruma temperatūra iz zemāka par vārīšanas temperatūru, iztvaikošana notiek pārsvarā no šķidruma virsmas.

6. **Koka spainis sliktāk vada siltumu, un tādēļ iztvaikošanas mehānisma nozīme ūdens atdzišanā ir relatīvi lielāka**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Vielu siltumīpašības: siltuma daudzums, īpatnējā siltumietilpība, īpatnējais iztvaikošanas siltums, vielu sildīšana un atdzišana, iztvaikošana (jautājumi 1A, 1B, 2., 3A, 4., 5.), ūdens kristalizācijas un iztvaikošanas temperatūra (jautājums 1C), piesātināta ūdens tvaika spiediens pie 100 °C grādiem (jautājums 2.), vielu siltumvadīšana (jautājums 6.).

Uzdevuma risināšanas procesā skolēnam jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājums 1A);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1A, 2., 3B);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājums 1B);
- veic lielumu dimensionālo analīzi (jautājums 2.);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (grafiki, formulas, attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājums 3A);
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības (jautājumi 1A, 2., 3B);
- izvērtē fizikālo lielumu maiņu, izmantojot funkcionālās sakarības starp tām (jautājumi 4., 5., 6.).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – 1B, 1C, 5., 6. jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, klasificē, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – 1A, 2., 3A, 3B, 4. jautājums.

Risinot šo uzdevumu, skolēniem jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, izmantot un pārveidot funkcionālās sakarības siltuma daudzuma aprēķināšanai, veikt analītiskus spriedumus par procesiem un parādībām, izmantojot zināšanas par siltuma procesiem, sastādīt un pārveidot sakarības starp fizikāliem lielumiem, veikt aprēķinus.

N2020-11-3. SATELĪTI

1. **Minimālais ātrums, kas nepieciešams ķermenim, lai tas izietu no planētas gravitācijas ietekmes**.

2.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Ko sauc par brīvās krišanas paātrinājumu?

– Kā var pierakstīt otro Ņūtona likumu brīvi krītošam ķermenim uz Merkura virsmas, izmantojot brīvās krišanas paātrinājumu un gravitācijas likumu?

Pēc otrā Ņūtona likuma

$$ma = G\frac{mM_M}{R_M^2} \;\Rightarrow\; a = g = G\frac{M_M}{R_M^2} = 6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot\frac{3{,}3\cdot 10^{23}}{(2440\cdot 10^3)^2} = \mathbf{3{,}70}\ \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s^2}}$$

B Izmantojot iepriekšējā punktā iegūto sakarību brīvās krišanas paātrinājuma aprēķināšanai, iegūst:

$$g_h = G\frac{M_M}{(R_M+h)^2} = 6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot\frac{3{,}3\cdot 10^{23}}{(2440\cdot 10^3+1000\cdot 10^3)^2} = \mathbf{1{,}86}\ \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s^2}}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda ir sakarība starp pavadoņa kustības lineāro ātrumu un centrtieces paātrinājumu?

– Kāds spēks piešķir pavadonim centrtieces paātrinājumu?

Pavadonim ieejot riņķveida orbītā, uz to darbojas planētas gravitācijas piešķirtais centrtieces paātrinājums $a_c = \frac{F}{m}$, kur $F = G\frac{mM_M}{R^2}$, kur R – attālums no pavadoņa līdz planētas centram, m – pavadoņa masa, M_M – Merkura masa.

$$a_c = G\frac{M_M}{R^2}$$

Centrtieces paātrinājums ir atkarīgs no ķermeņa ātruma $a_c = \frac{v^2}{R}$

$$\frac{v^2}{R} = G\frac{M_M}{R^2} \;\Longrightarrow\; v = \sqrt{G\frac{M_M}{R}}$$

Attālums līdz pavadonim $R = R_M + h$, kur h – pavadoņa augstums virs planētas virsmas. Tā kā pavadonis riņķo Merkura virsmas tuvumā, tad $h \ll R_M$. Tātad pavadonim ieejot Merkuram tuvā riņķveida orbītā jāsasniedz ātrums

$$\mathrm{v} = \sqrt{G\frac{M_M}{R}} = \sqrt{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{3{,}3 \cdot 10^{23}}{2440 \cdot 10^3}} = \mathbf{3004}\ \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}$$

3. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Vai doto jautājumu kontekstā ir starpība starp brīvās krišanas paātrinājuma un centrtieces paātrinājuma vērtībām?

– Kāda ir sakarība starp pavadoņa kustības lineāro ātrumu un centrtieces paātrinājumu?

$$a = g = \frac{\mathrm{v}^2}{R_M} \Rightarrow \mathrm{v} = \sqrt{R_M \cdot g} = \sqrt{1{,}74 \cdot 10^6 \cdot 1{,}62} = \mathbf{1{,}68}\ \frac{\mathbf{km}}{\mathbf{s}}$$

4.

A

$$T = \frac{t}{f} = \frac{24}{16} = 1{,}5\ \mathrm{h} = \mathbf{5400\ s}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kādu sakarību iegūst SKS lineārajam ātrumam, izmantojot otro Ņūtona likumu un gravitācijas likumu (sk.jautājuma 2C atrisinājumu)?

– Kā SKS lineārais ātrums saistīts ar trajektorijas garumu un apriņķošanas periodu?

SKS kustības orbītas rādiuss – attālums no Zemes centra līdz pavadoņa orbītai $R = R_Z + h$

SKS kustības orbitālais ātrums $\mathrm{v} = \sqrt{G\frac{M_Z}{R}} \implies R = G\frac{M_Z}{\mathrm{v}^2}$

SKS kustības ātrums pa riņķveida orbītu

$$\mathrm{v} = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi G M_Z}{T\mathrm{v}^2}$$

pārveidojot šo izteiksmi, iegūst:

$$T\mathrm{v}^3 = 2\pi G M_Z \Rightarrow \mathrm{v}^3 = \frac{2\pi G M_Z}{T} \Rightarrow$$

$$\implies \mathrm{v} = \sqrt[3]{\frac{2\pi G M_Z}{T}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6{,}0 \cdot 10^{24}}{5400}} = \mathbf{7{,}75}\ \frac{\mathbf{km}}{\mathbf{s}}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kādu sakarību iegūst SKS lineārajam ātrumam, izmantojot otro Ņūtona likumu un gravitācijas likumu (sk.jautājuma 2C atrisinājumu)?

– Kā no šīs sakarības var izteikt attālumu no SKS līdz planētas centram?

SKS kustības orbitālais ātrums $\mathrm{v} = \sqrt{G\frac{M_Z}{R}} \implies R = G\frac{M_Z}{\mathrm{v}^2}$

$$R = R_Z + h \implies h = R - R_Z = G\frac{M_Z}{\mathrm{v}^2} - R_Z = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24}}{7200^2} - 6{,}4 \cdot 10^6 = \mathbf{1300\ km}$$

5.

A Uzvedinošs jautājums:

– Kādu sakarību starp pavadoņu orbītu augstumiem un apriņķošanas periodiem nosaka trešais Keplera likums?

$$T = \frac{1}{f}$$

No trešā Keplera likuma var noteikt jaunās orbītas augstumu:

$$\frac{T_1^2}{T_0^2} = \frac{(R_Z + h_1)^3}{(R_Z + h_0)^3} \implies (R_Z + h_1)^3 = (R_Z + h_0)^3 \cdot \frac{T_1^2}{T_0^2} \implies R_Z + h_1 = (R_Z + h_0) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1^2}{T_0^2}} \implies$$

$$\Rightarrow h_1 = (R_Z + h_0) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1^2}{T_0^2}} - R_Z = (R_Z + h_0) \cdot \sqrt[3]{\frac{f_0^2}{f_1^2}} - R_Z = (6400 + 1660) \cdot \sqrt[3]{\frac{12^2}{15^2}} - 6400 =$$

$$= \mathbf{546\ km}$$

B Pavadoņa lineāro ātrumu jaunajā orbītā var aprēķināt pēc 2C jautājuma risinājumā iegūtās sakarības:

$$\mathrm{v}_1 = \sqrt{G\frac{M_Z}{R_Z + h_1}} = \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6{,}4 + 0{,}546) \cdot 10^6}} \approx \mathbf{7{,}6\ \frac{km}{s}}$$

Var spriest arī savādāk: pavadoņa lineārais ātrums jaunajā orbītā ir

$$\mathrm{v}_1 = \frac{2\pi(R_Z + h_1)}{T_1}$$

kur

$$T_1 = \frac{24 \cdot 3600}{15} = 5760\ s$$

$$\mathrm{v}_1 = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot (6400 + 546)}{5760} \approx \mathbf{7{,}6\ \frac{km}{s}}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Ja pavadonis ar frekvenci 25 apriezieni diennaktī riņķotu pa orbītu tikai Zemes gravitācijas dēļ, kāds būtu tādas orbītas augstums?

– Vai arī, ja pieņemt, ka orbītas augstums atbilst šī jautājuma A punktā aprēķinātajam, kādam jābūt kustības lineārajam ātrumam?

Ja pavadonis Zemes gravitācijas dēļ veiktu 25 apriņķojumus diennaktī, tad (skat. 5A risinājumu)

$$h_2 = (R_Z + h_0) \cdot \sqrt[3]{\frac{f_0^2}{f_2^2}} - R_Z = (6400 + 1660) \cdot \sqrt[3]{\frac{12^2}{25^2}} - 6400 < 0$$

t. i. pavadoņa orbīta ir mazāka par Zemes rādiusu, kas nav iespējams. Lai pavadonis pārvietotos pa riņķveida orbītu ($h > 0$) ar ātrumu, kas ir lielāks par orbitālo ātrumu (ātrums, ar kuru pavadonis orbītā pārvietojas inerces dēļ bez ieslēgtiem dzinējiem) un paliktu šajā orbītā, **jāiedarbojas ar papildus spēku, kas ir virzīts uz Zemes centru.** Pretējā gadījumā gravitācijas spēks būs nepietiekams, lai radītu centrtieces paātrinājumu un pavadonis sāks kustēties pa eliptisku, parabolisku vai hiperbolisku orbītu.

Var spriest arī savādāk: ja pavadonis, veic 25 apgriezienus diennaktī, tā apriņķošanas periods ir $T = \frac{24 \cdot 3600}{25} = 3456$ s. Ja pavadonis kustās pa riņķveida orbītu, atrodoties 546 km augstumā, tā lineārais kustības ātrums ir $\mathrm{v} = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot (6400 + 546)}{3456} = 12{,}6\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$, kas ir lielāks par otro kosmisko ātrumu uz Zemes, kas ir 11,2 $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$, ko vēl sauc par atbrīvošanas ātrumu jeb parabolisko ātrumu. Ķermenis, kuram ir piešķirts ātrums, kas ir vienāds vai lielāks par otro kosmisko ātrumu, pārvar Zemes gravitāciju un atstāj

noslēgtu kustības orbītu, kas ir pretrunā ar uzdevuma nosacījumu, ka pavadonis kustās pa riņķveida orbītu. Lai pavadonis, kas kustās ar tādu ātrumu, varētu noturēties uz riņķveida orbītas apkārt Zemei, nepārtraukti jādarbojas dzinējam, kurš paātrina pavadoni Zemes centra virzienā. Pareizā atbilde: **teorētiski var, bet tikai ar nepārtraukti ieslēgtu dzinēju, kurš paātrina pavadoni Zemes centra virzienā.**

D Uzvedinoši jautājumi

– Cik liels ir centrtieces paātrinājums, pavadonim kustoties 1000 km augstumā virs Zemes virsmas ar frekvenci 25 apgriezieni diennaktī?

– Cik liels ir Zemes gravitācijas radītais paātrinājums?

Lai pavadonis kustētos pa riņķveida orbītu, tam ir jāpiešķir centrtieces paātrinājums, kas vērsts virzienā uz Zemes centru (centrtieces paātrinājumu piešķir Zemes gravitācijas spēks un pavadoņa dzinēja spēks):

$$a_c = \omega^2 R = (2\pi f)^2 R \qquad (1.)$$

kur

$$f = 25\ \frac{\text{apgr}}{\text{diennaktī}} = \frac{25}{24 \cdot 3600} = 2{,}9 \cdot 10^{-4}\,\frac{1}{\text{s}}$$

ievietojot izteiksmē (1.) skaitliskās vērtības, iegūst:

$$a_c = (2 \cdot 3{,}14 \cdot 2{,}9 \cdot 10^{-4})^2 \cdot (6{,}4 \cdot 10^6 + 1 \cdot 10^6) = 24{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Šo centrtieces paātrinājumu piešķir Zemes gravitācijas spēks un pavadoņa dzinēja spēks. Zemes gravitācijas piešķirtais paātrinājums ir $g = G\frac{M_Z}{R^2} = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6{,}4 \cdot 10^6 + 1 \cdot 10^6)^2} = 7{,}31\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Mākslīgais brīvās krišanas paātrinājums ir

$$a_c - g = \mathbf{17{,}2\ \frac{m}{s^2}}$$

Protams, lai realizētu tādu lidojumu praksē, jābūt ļoti spēcīgam enerģijas avotam (reaktīvā dzinēja gadījumā – ļoti lieliem degvielas krājumiem), bet teorētiski nekas neliedz tādu lidojumu realizēt.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas sekojošās tēmās:

- Ķermeņu kustība – vienmērīga kustība par riņķa līniju: apriņķošanas periods, frekvence (jautājumi 4A, 4B, 4C, 5A, 5C, 5D), lineārais ātrums (jautājumi 2C, 3., 4A, 4B, 4C, 5B, 5C, 5D), centrtieces paātrinājums (jautājumi 2C, 3., 5B, 5D), leņķiskais ātrums (jautājums 5D).
- Mijiedarbība un spēki: otrais Ņūtona likums (jautājumi 2A, 2B, 2C, 5B, 5D).
- Gravitācija un kustība gravitācijas laukā: gravitācijas likums (jautājumi 2A, 2B, 5B, 5D), brīvās krišanas paātrinājums (jautājumi 2A, 2B, 5D), pirmais (jautājumi 4B, 4C) un otrais (jautājumi 1., 5D) kosmiskie ātrumi, trešais Keplera likums (jautājums 5A).

Uzdevuma risināšanas procesā skolēnam jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- lieto fizikālo lielumu apzīmējumus un SI mērvienības (gandrīz visos jautājumos);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (gandrīz visos jautājumos);
- izmanto un pārveido funkcionalās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 2A, 2B, 2C, 3., 4B, 4C, 5A, 5B, 5D);
- izvērtē fizikālo lielumu maiņu, izmantojot funkcionālās sakarības starp tām (jautājums 5C).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, identificē, veic vienkāršu darbību – 1. jautājums;
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – 4A jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista – 2A, 2B, 2C, 3., 4B, 4C, 5A-D jautājums.

Risinot šo uzdevumu, skolēniem jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, veikt aprēķinus ar pakāpēm un skaitļiem normālformā, veidot fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības, izvēlēties fizikālo procesu raksturlielumus un pazīmes, prognozēt lielumu savstarpējo atkarību.

12. klase

N2020-12-1. RADIOVIĻŅI

1.

A $f = N_{sp} \cdot \frac{N}{t} = 600 \cdot \frac{2000}{60} = 20\,000$ Hz $=$ **20 kHz**

B $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{24400} = 12295$ m $=$ **12,3 km**

C Pēc elektromagnētiskās indukcijas likuma:

$$\varepsilon = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = N\frac{B\Delta S}{\Delta t} \implies N = \frac{\varepsilon \Delta t}{B\Delta S} = \frac{200 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0{,}1 \cdot 1 \cdot 10^{-4}} = \mathbf{100}\ \text{vijumi}$$

2. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Cik liela pretestība atbilst frekvencei 24,4 kHz?

– Kāda sakarība pastāv starp sprieguma kritumiem un pretestībām pie nemainīga strāvas stipruma?

No grafika (239. att.) nolasa, ka f_1 = 24,4 kHz atbilst $R_1 = 8\ \Omega$

Sprieguma kritums samazinās par 25%, tātad $\frac{U_2}{U_1} = 0{,}75$

Strāvas stiprums ir konstants, tātad

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} \implies R_2 = R_1\frac{U_2}{U_1} = 8 \cdot 0{,}75 = 6\ \Omega$$

No grafika (239. att.) nolasa pretestībai R_2 atbilstošo frekvenci f_2 = **24,2 kHz**

3.

A Tā kā diode laiž strāvu tikai vienā virzienā, tad spriegums starp C un D būs 0, ja diode būs sprostvirzienā, bet ja diode būs vadīšanas virzienā, tad tās pretestība ir 0 un spriegums starp C un D būs tāds pats kā starp A un B. Spriegums starp punktiem C un D mainās tā, kā ir attēlots grafikā **C** (241. att.).

B Uzvedinošs jautājums

– Kāda ir pusvadītāju diodes pamatfunkcija?

Uztvertā signāla vidējā vērtība uztveršanas periodā, kas raksturīgs radiofrekvences periodam, **ir nulle**. Savukārt **diodes taisngrieztā signāla vidējā vērtība** uztveršanas periodā, kas raksturīgs radiofrekvences periodam, **nav nulle**.

C Pēc Tomsona formulas

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} = \frac{1}{4 \cdot 3{,}14^2 \cdot (1{,}5 \cdot 10^6)^2 \cdot 2{,}8 \cdot 10^{-12}} = 0{,}00402 \text{ H} = \mathbf{4{,}02 \text{ mH}}$$

D Uzvedinošs jautājums

– Kādas enerģijas pārvērtības notiek radiouztvērējā?

Tiek izmantota **radioviļņu pārnestā enerģija**.

E Nomainīt silīcija diodi uz germānija diodi, kas strāvu laiž cauri, ja spriegums uz tās pārsniedz 0,4 V.

4. **Uzvedinoši jautājumi**

– Kā var aprēķināt riņķa sektora laukumu?

– Cik lielam leņķim atbilst divu kondensatora riņķa sektoru pārklāšanās laukums?

Risinājums

Kondensatoru veido divi riņķa sektori, kuru centra leņķis ir $180^0 - \alpha$, līdz ar to pārklāšanās laukums ir $S = \frac{\pi r^2 (180^0 - \alpha)}{360^0}$

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 \pi r^2 (180^0 - \alpha)}{360^0 \cdot d} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = 180^0 - \frac{360^0 \cdot Cd}{\varepsilon\varepsilon_0 \pi r^2} = 180 - \frac{360 \cdot 2{,}8 \cdot 10^{-12} \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot 3{,}14 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2} = 180^0 - 145^0 = \mathbf{35^0}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- kustība pa riņķa līniju – rotācijas frekvence (jautājums 1A).
- elektromagnētiskās svārstības un viļņi – viļņu garums, frekvence, izplatīšanas ātrums (jautājums 1B), radiosignāla pārraide un uztveršana (jautājumi 3A, 3D), Tomsona formula (jautājums 3C).
- elektromagnētisms – magnētiskā lauka indukcija, elektromagnētiskās indukcijas likums (jautājums 1C).
- elektriskā strāva: elektriskā pretestība, sprieguma kritums, strāvas stiprums, Oma likums ķēdes posmam (jautājums 2.), pusvadītāju diode (jautājumi 3A, 3B), maiņkondensators (jautājums 4.);
- matemātika – riņķa sektora laukums (jautājums 4.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem, veic aprēķinus – jautājumi 1A, 1B, 1C, 2., 3C, 4.;
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības – jautājumi 1A, 1B, 1C, 2., 3C;
- nolasa un interpretē datus no grafika – jautājums 2.;
- analizē procesu grafikus – jautājums 3A;
- identificē un analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā – jautājumi 3B, 3D, 3E;
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos – jautājums 3D.

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificē, veic vienkāršu darbību – 1A jautājums;
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – 1B, 1C, 3A, 3C, 3E jautājums;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – 2., 3B, 3D, 4. jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē spēja identificēt un analizēt fizikālā rakstura informāciju, nolasīt datus no grafikiem, sasaistīt kopā zināšanas no vairākām fizikas tēmām (rotācijas kustība, elektromagnētiskie viļņi, elektriskā strāva, vielu elektrovadītspēja, enerģijas nezūdamības likums). Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, izteikt fizikālos lielumus, apvienot vairākas sakarības, veikt aprēķinus, izmantojot arī matemātikas formulas (riņķa segmenta laukums).

N2020-12-2. GAISMAS ĀTRUMA NOTEIKŠANA

Jupitera pavadonis Jo

1. **Uzvedinoši jautājumi**

– Kāds spēks piešķir Jupitera pavadonim Jo centrtieces paātrinājumu?

– Kāda sakarība pastāv starp centrtieces paātrinājumu un lineāro ātrumu?

– Kāda sakarība pastāv starp lineāro ātrumu un apriņķošanas periodu?

$$\begin{cases} F = G\dfrac{mM}{R^2} \\ F = ma \end{cases} \Rightarrow ma = G\frac{mM}{R^2} \Rightarrow m\frac{\mathrm{v}^2}{R} = G\frac{mM}{R^2} \Rightarrow \mathrm{v}^2 = G\frac{M}{R} \Rightarrow \mathrm{v} = \sqrt{G\frac{M}{R}} = \frac{\sqrt{GM}}{\sqrt{R}}$$

Vienmērīgā kustībā pa riņķa līniju lineāro ātrumu var aprēķināt, riņķa līnijas garumu dalot ar periodu:

$$\mathrm{v} = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi R}{\mathrm{v}} = \frac{2\pi R\sqrt{R}}{\sqrt{GM}} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 4{,}2 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{4{,}2 \cdot 10^8}}{\sqrt{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 1{,}9 \cdot 10^{27}}} = 151884\ \mathrm{s} = \mathbf{42{,}2\ h}$$

2.

A Uzvedinoši jautājumi

– Par cik mainās pagrieziena leņķis starp Zemi un Jupiteru laikā, kad Zeme ir pārvietojusies no punkta A līdz punktam B?

– Kā var izteikt pagrieziena leņķi caur laiku un apriņķošanas periodu?

Zemei pārvietojoties pa savu orbītu no punkta A līdz punktam B, leņķis starp Zemi un Jupiteru mainās par $\frac{\pi}{2}$. Iegūsim izteiksmi pagrieziena leņķa atkarībai no laika:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta t}{T}$$

Zemes pagrieziena leņķis laikā mainās atbilstoši sakarībai $\varphi_Z(t) = \frac{2\pi t}{T_Z}$, Jupitera pagrieziena leņķis – $\varphi_J(t) = \frac{2\pi t}{T_J}$. Leņķis starp Zemi un Jupiteru: $\Delta\varphi(t) = \varphi_Z(t) - \varphi_J(t) = 2\pi t\left(\frac{1}{T_Z} - \frac{1}{T_J}\right)$. Punktā B leņķis starp Zemi un Jupiteru ir taisns, tātad

$$\Delta\varphi(t_B) = \frac{\pi}{2}$$

$$2\pi t_B\left(\frac{1}{T_Z} - \frac{1}{T_J}\right) = \frac{\pi}{2} \implies t_B = \frac{T_Z \cdot T_J}{4\cdot(T_J - T_Z)} = \frac{1\cdot 11{,}9}{4\cdot(11{,}9-1)} = \mathbf{0{,}27\ gadi}$$

B Punktā A Zeme atrodas starp Sauli un Jupiteru:

$$s_A = R_J - R_Z = 7{,}8\cdot 10^{11} - 1{,}5\cdot 10^{11} = 6{,}3\cdot 10^{11}\ \text{m}$$

Punktā B – leņķis Zeme-Saule-Jupiters ir taisns, tātad, pēc Pitagora teorēmas:

$$s_B = \sqrt{R_J^2 + R_Z^2} = \sqrt{(7{,}8\cdot 10^{11})^2 + (1{,}5\cdot 10^{11})^2} = 7{,}9\cdot 10^{11}\ \text{m}$$

Attālumu starpība $\Delta s = s_B - s_A = 7{,}9\cdot 10^{11} - 6{,}3\cdot 10^{11} = \mathbf{1{,}6\cdot 10^{11}\ m}$

C Laiks starp aptumsumiem būs lielāks nekā apriņķojuma periods, jo ir mainījusies Jupitera pozīcija savā orbītā.

D Izmantojot jautājuma 2B atrisinājuma skaitlisko vērtību $\Delta s = 1{,}6\cdot 10^{11}$ m, iegūst

$$c = \frac{\Delta s}{t} = \frac{1{,}6\cdot 10^{11}}{8\cdot 60} = \mathbf{3{,}3\cdot 10^{8}\ \frac{m}{s}}$$

3. Fuko eksperiments

A Uzvedinošs jautājums:

– Kā gaismas staru simetrijas principu var izmantot attāluma noteikšanai starp gaismas avotu un lēcu?

Gaismas stara veiktais attālums starp lēcu *L* un gaismas avotu *S* ir $d = x + y = 7 + 5 = 12$ m.

Attālums starp lēcu un *L* un attēla veidošanās vietu *M*2 ir $f = z = 30$ m.

Lēcas fokusu izsakām no lēcas formulas $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow F = \frac{df}{d+f} = \frac{30\cdot 12}{30+12} = \frac{360}{42} = \mathbf{8{,}57\ m}$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Cik lielu attālumu gaismas stars veic no spoguļa M1 līdz spogulim M2 un atpakaļ?

– Kā var izteikt pagrieziena leņķi caur laiku un rotācijas frekvenci?

– Kā pārveidot leņķi no radiāniem uz grādiem?

Gaismas stars no *M*1 līdz *M*2 veic attālumu $s = 2(y + z) = 2(5 + 30) = 70$ m

Tātad gaismas stars ceļā pavada laiku $t = \frac{s}{c} = \frac{70}{3\cdot 10^8} = 2{,}3\cdot 10^{-7}$ s

Spoguļa griešanās leņķiskais ātrums $\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \Rightarrow$

$$\varphi = 2\pi\nu t = 2\cdot 3{,}14\cdot 1000\cdot 2{,}3\cdot 10^{-7} = 1{,}47\cdot 10^{-3}\ \text{rad} = \mathbf{0{,}084^0}$$

C Spogulim perpendikulārais virziens šajā laikā arī nobīdās par leņķi φ, tātad atstarošanās leņķis arī ir nobīdījies par leņķi φ. Kopējais nobīdes leņķis ir $\alpha = 2\varphi = 2 \cdot 0{,}09 = \mathbf{0{,}18^0}$

D Attālumu starp punktiem S un D var aprēķināt pēc kosinusu teorēmas:

$$l = |SD| = \sqrt{x^2 + x^2 - 2 \cdot x \cdot x \cdot cos\alpha} = 0{,}043 \text{ m} = \mathbf{4{,}3 \text{ mm}}$$

Var spriest arī savādāk: tā kā leņķis ir mazs, par attālumu starp detektoru D un gaismas stara avotu S var pieņemt riņķa loka, kas savieno punktus S un D un kura centrs ir punktā M1, garumu:

$$l = 2\pi \frac{\alpha}{360} x = 2 \cdot 3{,}14 \cdot \frac{0{,}35}{360} \cdot 7 = 0{,}043 \text{ m} = \mathbf{4{,}3 \text{ mm}}$$

E Cilvēka acs nespēj uztvert vizuālo informāciju, kas mainās ar tik lielu frekvenci, tāpēc mēs redzēsim **nepārtrauktu gaismu, bet ar ievērojami mazāku gaismas stiprumu nekā avotam *S*.**

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Ķermeņu kustība: sakarība starp ceļu, laiku un ātrumu vienmērīgā kustībā (jautājums 2D).
- Kustība pa riņķa līniju: periods, lineārais ātrums (jautājums 1.), pagrieziena leņķis (jautājums 2A).
- Mijiedarbība un spēki: otrais Ņūtona likums (jautājums 1.).
- Gravitācija un kustība gravitācijas laukā: gravitācijas likums (jautājums 1.).
- Apgaismojums un attēli: gaismas atstarošana (jautājums 3C), lēcas formula (jautājums 3A).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības (jautājumi 1., 2A, 2B, 2D);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1., 2A, 3B);
- modelē fizikālos procesus (jautājumi 2C, 3C, 3D);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (formulas, shēmas, attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 3A, 3B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 2B, 2C, 2D, 3C, 3D, 3E;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 1., 2A, 3A, 3B.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē spēja analizēt fizikāla rakstura informāciju, "lasīt" attēlus, veidot aprakstīto vai attēloto fizikālo procesu matemātisko modelēšanu. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, izteikt lielumus, sastādīt un apvienot vairākas sakarības. Jāspēj veikt aprēķinus, pārveidojot leņķa lielumu starp grādiem un radiāniem, lietojot darbības ar pakāpēm, skaitļa pierakstu normālforma, pielietojot arī matemātikas zināšanas (Pitagora teorēma, kosinusu teorēma vai riņķa loka garuma aprēķināšanas formula).

N2020-12-3. IZSLĀPUŠAIS PUTNS

1. Mehāniskais līdzsvars

A $m = \rho V = 1327 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 6635 \cdot 10^{-6}$ kg $=$ **6,64 g**

B $m = \rho V = \rho\pi r^2 h = 1327 \cdot 3{,}14 \cdot (3 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0{,}05 = 1875 \cdot 10^{-6}$ kg $=$ **1,88 g**

C **Uzvedinoši jautājumi**

– Kā var izteikt caurulē ieplūduša šķidruma masu?
– Kā var izteikt kolbā palikušā šķidruma masu?
– Kur atrodas caurulē ieplūdušā šķidruma smaguma centrs?

Apskatīsim sistēmas rotaļlietas kustīgās daļas (masa ir *m*) un iepildītā šķidruma (masa ir M) smaguma centra koordināti x_{CM} attiecībā pret rotācijas asi. Pārsvēršanās robežbrīdī $x_{CM} = 0$.

No visa iepildītā šķidruma daļa būs ieplūdusi vertikālā caurulītē – apzīmēsim šo daļu ar M_i. Tad kolbas apakšpusē palikušā šķidruma masa būs vienāda ar $M - M_i$.

Ieviesīsim šķidruma meniska koordināti z attiecībā pret rotācijas asi (skatīt 405. attēlu).

Uzrakstīsim līdzsvara nosacījumu sistēmai "rotaļlietas kustīgā daļa, šķidrums kolbā un caurulē ieplūdušais šķidrums":

$$mx_c - (M - M_i)L - M_i\frac{L - z}{2} = 0$$

$$mx_c - ML + LM_i - M_i\frac{L}{2} + M_i\frac{z}{2} = 0$$

$$M_i\left(L - \frac{L}{2} + \frac{z}{2}\right) = ML - mx_c$$

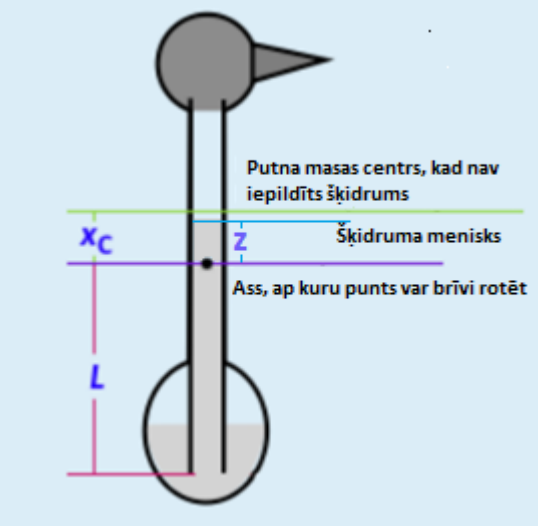
$$M_i\left(\frac{L}{2} + \frac{z}{2}\right) = ML - mx_c$$

kur $M_i = \rho\pi r^2(L + z)$

Ievietojot izteiksmi priekš M_i pārveidotajā sistēmas līdzsvara nosacījumu vienādojumā, iegūsim:

$$\rho\pi r^2(L + z)\left(\frac{L + z}{2}\right) = ML - mx_c$$

$$(L + z)^2 = \frac{2(LM - mx_c)}{\rho\pi r^2}$$



405. att.

Šķidruma stabiņa augstums, pie kura rotaļlieta pārsvērsies:

$$h = L + z = \sqrt{2\frac{ML - mx_c}{\rho\pi r^2}} = \sqrt{2\frac{0{,}006 \cdot 0{,}055 - 0{,}05 \cdot 0{,}0045}{1326{,}6 \cdot 3{,}14 \cdot (3 \cdot 10^{-3})^2}} = 0{,}0748 \text{ m} = \mathbf{7{,}48 \text{ cm}}$$

2. Tvaiku spiediens

A Uzvedinoši jautājumi

– Kurā rotaļlietas daļā (kolbas apakšpusē vai knābī) dihlormetāna temperatūra vienāda ar istabas temperatūru?

– Cik liels ir dihlormetāna tvaika spiediens kolbas apakšpusē?

– Cik liels ir caurulē esošā šķidruma hidrostatiskais spiediens?

Dihlormetāna tvaiku spiedienu istabas temperatūrā (tvaiku spiedienu kolbas apakšpusē) nolasa no grafika (247. att.) p_{ist}= 47,6 kPa. Spiediens knābī tad ir

$p = p_{ist} - \rho g h = 47{,}6 \cdot 10^3 - 1326{,}6 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}085 =$ **46,5 kPa**.

B Temperatūru T = **19,6 °C** putna knābī nolasa no grafika (247. att.), tā atbilst 2A punktā aprēķinātajam spiedienam.

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kad dihlormetāna temperatūra putna knābī ir lielāka – ūdens iztvaikošanas procesa sākumā vai beigās?

– Cik liela ir dihlormetāna tvaika masa putna galvā posma sākumā?

– Cik liela ir dihlormetāna tvaika masa putna galvā posma beigās?

– Cik liels siltuma daudzums tika aizvadīts dihlormetāna kondensācijas procesā? Cik lielu ūdens masu var pārvērst tvaikā, izmantojot šo siltuma daudzumu?

Aprēķinos izmantosim ideālās gāzes stāvokļa vienādojumu $pV = \frac{m}{M}RT$.

1) Tvaika masa posma sākumā $m_1 = \frac{p_1 V_1 M_{DCl}}{R(T+\Delta T)}$. Tvaika masa posma beigās $m_2 = \frac{p_2 V_2 M_{DCl}}{RT}$

2) Aizvadītais siltuma daudzums dihlormetāna kondensācijas procesā

$$\Delta Q = (m_1 - m_2) L_{DCl} = \Delta m_{H_2O} L_{H_2O}$$

3) Ūdens masa $\Delta m_{H_2O} = (m_1 - m_2)\frac{L_{DCl}}{L_{H_2O}} = \left(\frac{p_1 V_1 M_{DCl}}{R(T+\Delta T)} - \frac{p_2 V_2 M_{DCl}}{RT}\right)\frac{L_{DCl}}{L_{H_2O}}$

$$T = 18{,}4 + 273{,}15 = 291{,}6 \text{ K}$$

$$\Delta m_{H_2O} = \frac{M_{DCl}}{R}\left(\frac{p_1 V_1}{T+\Delta T} - \frac{p_2 V_2}{T}\right)\frac{L_{DCl}}{L_{H_2O}} =$$

$$= \frac{84{,}93 \cdot 10^{-3}}{8{,}31}\left(\frac{45{,}6 \cdot 10^3 \cdot 11{,}7 \cdot 10^{-6}}{291{,}6 + 0{,}8} - \frac{44 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{291{,}6}\right)\frac{0{,}33 \cdot 10^6}{2{,}26 \cdot 10^6} = \textbf{0,95 mg}$$

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kādā veidā dihlormetāna iztvaikošana ietekmē rotaļlietas darbību?

– Kam tiek patērēts kondensācijas procesā izdalītais siltuma daudzums?

Darba šķidruma nomaiņa arī var būtiski mainīt siltuma dzinēja darbību, bet, lai novērtētu izmaiņas, nepieciešami dažādi kvantitatīvi aprēķini, kas atkarīgi no šķidruma blīvuma, molmasas, īpatnējā iztvaikošanas siltuma. Ja apskatāmā šķidruma vienīgā īpašība ir tvaiku spiediena starpība, tad, lai nodrošinātu pietiekami lielu spiediena starpību starp putna galvu un apakšējo daļu, nepieciešams knābi atdzesēt līdz zemākai temperatūrai (jāiztvaiko lielākam ūdens daudzumam, kas aizņem ilgāku laiku).

Tātad process vai nu palēninātos vai apstātos, ja siltuma plūsma no istabas gaisa uz vēso knābi būtu vērā ņemama (tas ir – nevarētu atdzist vairāk par noteiktu temperatūras starpību).

E Procesa darbību šajā konfigurācijā nosaka tikai temperatūru starpība starp knābi un kolbas apakšējo daļu. Iztvaikošanas rezultātā tiek pazemināta knābja temperatūra, ļaujot procesam notikt. Tātad, kamēr uz knābja vien būs ūdens, kam iztvaikot, process turpināsies. Atbilde: **Process turpinātu darboties, kamēr viss ūdens no putna knābja būs iztvaikojis.**

F Uzvedinoši jautājumi:
– Kas ietekmē iztvaikošanas intensitāti?
– Kā pēc lietus mainās gaisa mitrums?

Pēc lietus beigām gaisa mitrums ārā ir augsts, tāpēc daļa ūdens, kas iztvaiko no knābja, uzreiz kondensēsies atpakaļ, neļaujot tik strauji atdzist knābim. Pie 100% relatīvā mitruma iekārta pārstās darboties, jo ūdens iztvaikošana vairs nenotiks. Atbilde: **Process palēninātos vai apstātos.**

Tomēr jautājuma formulējumā netika precizēts laika posms, kurā tiek aplūkota rotaļlietas darbība, kas ļauj uzskatīt, ka pēc kāda laika gaisa mitrums samazināsies un rotaļlieta atkal sāks darboties, tāpēc olimpiādes komisija nolēma uzskatīt par pareizu arī otro atbildes variantu: **Sākumā apstātos, bet pēc kāda laika atsāktu darboties.**

3. Lietderības koeficients un maksimālais darbs

A T_1 – temperatūra procesa sākumā, T_2 – temperatūra procesa beigās, ΔT – temperatūras izmaiņa.
$\Delta T = T_1 - T_2$

$$T_1 = 19{,}6 + 273{,}15 = 292{,}8 \text{ K}$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{0{,}8}{292{,}8} = \mathbf{0{,}27\%}$$

B Uzvedinoši jautājumi:
– No kā ir atkarīgs siltuma mašīnas lietderības koeficients?
– Kurš no piedāvātajiem atbilžu variantiem ļaus sasniegt lielāku temperatūras starpību?

Secīgi iziesim cauri visiem variantiem.
1) Ja būs nepieciešams augstāk pacelties šķidrumam, tad jābūt lielākai spiedienu starpībai putna galvā un apakšā. To var panākt ar lielāku temperatūras starpību, paaugstinot procesa lietderības koeficientu.
2) Uzkarsējot ūdeni, kādu laiku notiks pretējais efekts – putna galvā būs augstāks tvaiku spiediens, nekā rotaļlietas apakšā. Tikai pēc ilgāka laika temperatūrā putna galvā samazināsies, ļaujot atsākties procesam.
3) Istabas temperatūras pieaugums ļaus palielināt tvaiku spiedienu rotaļlietā (vieglāk iztvaikos). Nebūs nepieciešama tikpat liela temperatūras starpība nepieciešamās spiediena starpības nodrošināšanai. Attiecīgi arī procesa lietderības koeficients nepaaugstināsies.
5,6) Augstāks vai zemāks relatīvais gaisa mitrums tikai saistāms ar ūdens iztvaikošanas ātrumu, bet tas nemaina nepieciešamo temperatūras starpību rotaļlietas darbināšanai. Process notiks lēnāk vai ātrāk, bet tā lietderības koeficients nemainīsies.

Atbilde: Izveidot putnu ar garāku "kaklu" jeb cilindru (saglabājot rotaļlietas smaguma centru nemainīgu), kurā ieplūst un izplūst dihlormetāns.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Mijiedarbība un spēki: spēku moments un ķermeņu līdzsvars (jautājums 1C).
- Šķidrumu un gāzu mehāniskās īpašības: sakarība starp vielas masu, blīvumu un tilpumu (jautājumi 1A, 1B, 1C), hidrostatiskais spiediens (jautājums 2A).
- Gāzu likumi – ideālās gāzes stāvokļa vienādojums (jautājums 2C).
- Siltums un darbs – siltuma mašīnas lietderības koeficients (jautājumi 3A, 3B).
- Vielu siltumīpašības – šķidruma iztvaikošana un kondensācija (jautājumi 2C, 2D, 2F), siltuma bilances vienādojums (jautājums 2C).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1A, 1B, 1C, 2A, 2C, 3A);
- analizē ķermeņu līdzsvara nosacījumus (jautājums 1C);
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1C, 2C, 2D, 2F, 3B);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1A, 1B, 1C, 2A, 2C, 3A);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (grafiki, formulas, attēli, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 1C, 2A);
- nolasa datus no grafika (jautājumi 2A, 2B);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājumi 2C, 2D).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificē, veic vienkāršu darbību – jautājums 2B;
- veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1A, 1B, 2E, 3A;
- salīdzina, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 1C, 2A, 2C, 2D, 2F, 3B.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jādemonstrē prasme pielietot zināšanas no plaša fizikas tēmu klāsta – ķermeņu līdzsvars, šķidrumu un gāzu mehāniskās īpašība, termodinamika. Jāparāda izpratne par enerģijas pārvērtībām fāžu pārējās. Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, izteikt lielumus, sastādīt fizikālo procesu matemātiskos modeļus un veikt iegūto sakarību matemātiskus pārveidojumus. Jāveic aprēķini, lietojot darbības ar pakāpēm, skaitļa pierakstu normālformu, pielietojot arī matemātikas zināšanas (riņķa laukums, cilindra tilpums).

9. klase

V2020-9-1. PĒC PICAS

1.

A Jāaprēķina picas piegādes laiks no katras picērijas, ņemot vērā gan picas pagatavošanas laiku, gan picērijas attālumu, gan piegādes ātrumu.

Picērija "Pipars":

- $v = 30\frac{km}{h} = 8{,}3\ \frac{m}{s}$
- brauciena laiks: $t_b = \frac{s}{v} = \frac{6500}{8{,}3} = 783\ s\ =\ 13\ min$
- kopējais piegādes laiks $t = t_b + t_c = 13 + 15 = 28\ min$

Picērija "Picas":

- $v = 40\frac{km}{h} = 11{,}1\ \frac{m}{s}$
- brauciena laiks: $t_b = \frac{s}{v} = \frac{4000}{11{,}1} = 360{,}4\ s = 6\ min$
- kopējais piegādes laiks $t = t_b + t_c = 6 + 30 = 36\ min$

Ātrāk izdosies saņemt picērijas **"Pipars"** picu.

B $\Delta t = t_{Picas} - t_{Pipars} = 36 - 28 = \mathbf{8\ min}$

C Lai sagatavotu un piegādātu picu no picērijas "Pipars", ir nepieciešams 28 minūtes laika (skat. risinājumu 1A). Ja picas sagatavošanai un izcepšanai picērijā "Picas" ir nepieciešams 23 minūtes laika, tad piegādei paliek 5 minūtes.

$$v = \frac{s}{t} = \frac{4000}{300} = 13{,}3\ \frac{m}{s} = \mathbf{48\ \frac{km}{h}}$$

2.

A Jānosaka Anniņas iešanas ātrums. Tā kā no mājas un atpakaļ ātrums ir viens un tas pats, tad var izmantot jebkuru grafika posmu (248. att.): $v = \frac{l}{t} = \frac{450}{180} = 2{,}5\ \frac{m}{s}$. Skriešanas ātrums ir divas reizes lielāks, tātad $v_{sk} = 2v = \mathbf{5\ \frac{m}{s}}$

B **Uzvedinoši jautājumi:**

– Ko attēlo katrs no grafika posmiem? Kurā posmā ir attēlots, ka Anniņa skrien no mājas uz picēriju?

– Kā izmantojot dotos grafikus var noteikt Anniņas skriešanas ātrumu katrā situācijā?

Jānosaka, kurā no dotajiem grafikiem (249. att.), Anniņas skriešanas ātrums ir 5 m/s.

[a] v = 1,5 m/s; [b] v = 3 m/s; **[c]** v = 5 m/s; [d] = 2,5 m/s

Tātad doto situāciju attēlo grafiks **[c]**.

C Tā kā visās grafikos (249. att.) attēlotajās situācijās kustība līdz 390 sekundei ir identiska, tad par mazāko vidējo kustības ātrumu var spriest par kustības atlikušo posmu (var izmantot 2B iegūtās atbildes). Mazākais vidējais ātrums ir situācijā, kas attēlota grafikā **[a]**.

3.

A Pieņemsim, ka pirmā velokurjera kustības laiks ir t, tad otrā velokurjera kustības laiks ir $t + 1$. Tā kā minētajos laikos abi velokurjeri nobrauca vienādus attālumus, tad varam rakstīt

$$\mathrm{v}_1 t = \mathrm{v}_2(t+1)$$

$$t = \frac{\mathrm{v}_2}{\mathrm{v}_1 - \mathrm{v}_2} = \frac{20}{30-20} = \mathbf{2\ h}$$

B Trešais velokurjers patērēja ceļā par 2 stundām ilgāku laiku nekā pirmais velokurjers, tātad

$$t_3 = t + 2 = 4\ \mathrm{h}$$

Velokurjera veiktais attālums $s = \mathrm{v}_1 t = \mathrm{v}_3 t_3$, no kurienes $\mathrm{v}_3 = \frac{\mathrm{v}_1 t}{t_3} = \frac{30 \cdot 2}{4} = \mathbf{15\ \frac{km}{h}}$

C Atbilstoši enerģijas nezūdamības likumam, darbs, kas jāpastrādā, lai apturētu velokurjeru ir vienāds ar kinētiskās enerģijas izmaiņu.

Lai apturētu pirmo velokurjeru, jāpastrādā darbs: $A_1 = \frac{m\mathrm{v}_b^2}{2} - \frac{m\mathrm{v}_1^2}{2} = -\frac{m\mathrm{v}_1^2}{2}$ (ja velokurjers apstājas $\mathrm{v}_b = 0$).

Lai apturētu otro velokurjeru, jāpastrādā darbs: $A_2 = \frac{m\mathrm{v}_b^2}{2} - \frac{m\mathrm{v}_2^2}{2} = -\frac{m\mathrm{v}_2^2}{2}$ (ja velokurjers apstājas $\mathrm{v}_b = 0$).

$$k = \frac{A_1}{A_2} = \frac{-\frac{m\mathrm{v}_1^2}{2}}{-\frac{m\mathrm{v}_2^2}{2}} = \frac{\mathrm{v}_1^2}{\mathrm{v}_2^2} = \frac{30^2}{20^2} = \frac{900}{400} = \mathbf{2{,}25\ reizes}$$

D Izrēķinām, kāds darbs ir jāveic, lai apstādinātu velokurjerus minētajos gadījumos.

$$A_1 = \frac{m\mathrm{v}_{b1}^2}{2} - \frac{m\mathrm{v}_1^2}{2} = \frac{m}{2}(\mathrm{v}_{b1}^2 - \mathrm{v}_1^2) = \frac{m}{2}(20^2 - 30^2) = -250m$$

$$A_2 = \frac{mv_b^2}{2} - \frac{m\mathrm{v}_2^2}{2} = -\frac{m\mathrm{v}_2^2}{2} = -\frac{m20^2}{2} = -200m$$

Tā kā jāsalīdzina enerģijas izmaiņa, tad jāskatās uz absolūtajām vērtībām.

Lielāks darbs jāpastrādā, **lai samazinātu pirmā velokurjera ātrumu no 30 km/h uz 20 km/h**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos par vienmērīgu taisnvirziena kustību (1., 2., 3A un 3B jautājumi) un darbs, jauda, enerģija (3C, 3D jautājumi):

- ātrums vienmērīgā kustībā (1A, 1C, 2A, un 2B jautājumi), vidējais ātrums (2C, 3A, 3B), pārvietojums (3A, 3B).
- enerģijas nezūdamības likums (3C, 3D), kinētiskā enerģija (3C, 3D), mehāniskais darbs (3C, 3D).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- aprakstīt kustību, izmantojot kustības raksturlielumus (1A, 1B, 1C, 2A);
- veidot fizikālo procesu matemātisko aprakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (3A, 3B, 3C, 3D);
- analizēt fizikāla rakstura informāciju tekstā (2A, 3A, 3B);
- saskatīt enerģijas nezūdamības likumu aprakstītajās situācijās (3C, 3D);
- izdarīt secinājumus, pamatojoties uz problēmas risinājumā iegūtajiem datiem (2C);
- analizēt procesu grafikus (2B);
- nolasīt datus no grafika (2A, 2B, 2C);
- pārveidot mērvienības (1A, 1C);
- veikt aprēķinus (1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 3A, 3B, 3C, 3D).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt, veikt vienkāršu darbību – 1B un 2C jautājums;
- aprakstīt, veikt darbību pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – 1A, 1C, 2A, 3A, 3B, 3C un 3D jautājums;
- salīdzināt, analizēt – 2B jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par vienmērīgu taisnvirziena kustību un tās raksturlielumiem. Skolēnam jāprot analizēt grafikus, nolasīt datus, analizēt un aprakstīt kustību dažādās situācijās, izmantojot kustības raksturlielumus, kā arī aprakstīt situācijas, izmantojot enerģijas nezūdamības likumu.

V2020-9-2. GAISMA SPOGUĻOS

1. **Šķietamu un tiešu.**

2.

A Tāpat, no ceļgaliem.

B Virs ceļgaliem.

3.

A Uzvedinoši jautājumi un padomi:

– No kurienes atstarojoties gaismas zaķīša atspulgs var nokļūt uz sienas AB?

– Uzkonstruē vismaz trīs gaismas starus, kas izstaroti no punkta A, atstarojas pret rotējošo spoguli un robežgadījumā gaismas zaķīša atspulgs nokļūst vēl uz sienas AB!

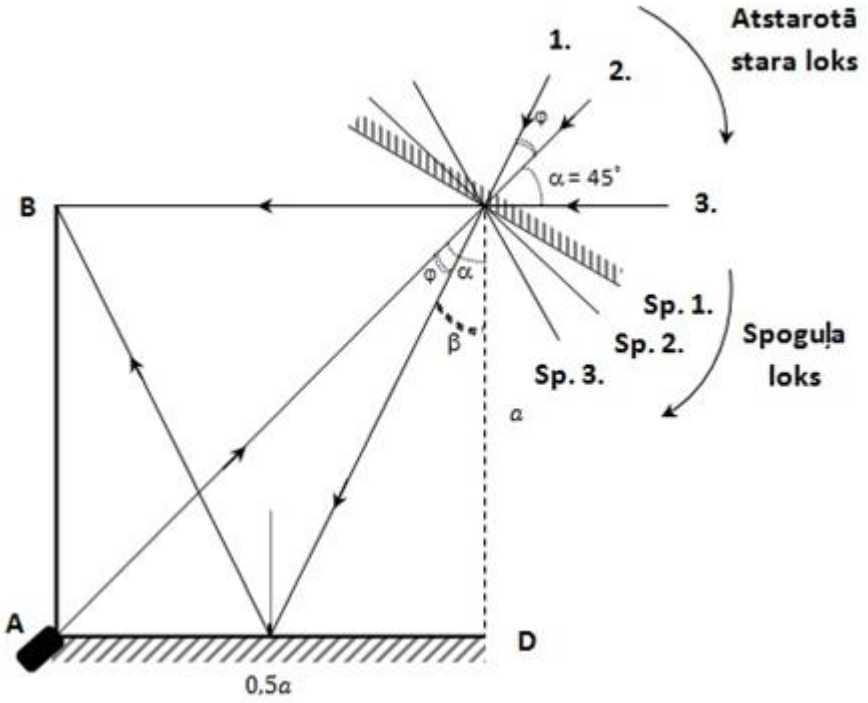
– Izpēti taisnleņķa trijstūrus, kas veidojas starp šiem stariem robežgadījumos!

Lai gaismas zaķīša atspulgs būtu uz sienas AB, tas var

1) vispirms atstaroties no rotējošā spoguļa, tad no spoguļa AD; 2) atstaroties tikai no rotējoša spoguļa.

Kopējais atstarotā stara pagrieziena loks ir redzams zīmējumā (406. att.) starp punktiem 1. → 2. → 3. (to veido gaismas stari robežsituācijās:

- 1. stars, kas tiek izstarots no punkta A, atstarojas pret rotējošo spoguli (Sp.1), tad atstarojas no nekustīgā spoguļa AD vidus un trāpa punktā B.
- 2. stars, kas tiek izstarots no punkta A, atstarojas pret rotējošo spoguli (Sp.2) 90° leņķī un nokļūst atpakaļ punktā A.
- 3. stars, kas tiek izstarots no punkta A, atstarojas pret rotējošo spoguli (Sp.3) un trāpa punktā B.



406. att.

Spogulis šajā laikā veic pusi no šī jeb 406. attēlā redzamo loku Sp1 → Sp2 → Sp3.

α = 45° ; β = 26,57° ($tg\beta = \frac{0{,}5a}{a} = 0{,}5$)

φ = 45° - β = 18,43°

Kopā atstarotā stara loks 1.→ 2. → 3. = 45° + φ = 63,43° .

Kopā spoguļa pagrieziena loks Sp1 → Sp2 = 0,5 no 63,43° = **31,72°**

B Uzvedinoši jautājumi:

– Cik ilgā laikā rotējošais spogulis veic vienu pilnu apgriezienu?

– Par cik grādiem pagriežas rotējošais spogulis laikā, kamēr gaismas zaķīša atspulgs pārslīd pāri sienai AB? Izmanto 3A jautājumā iegūto rezultātu!

Tātad

$$\frac{\Delta t}{12\ \text{min}} = \frac{31{,}72^0}{360^0}$$

$$\Delta t = 63{,}44\ \text{s} \approx \mathbf{63\ s}$$

4.

A Gaisma veic attālumu 4*R* no gaismas avota līdz uztvērējam.

$$t = \frac{4R}{c} = \frac{4 \cdot 0{,}3 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = 4 \cdot 10^{-6} = \mathbf{4\ \mu s}$$

kur $c = 3 \cdot 10^8$ m/s – gaismas izplatīšanās ātrums.

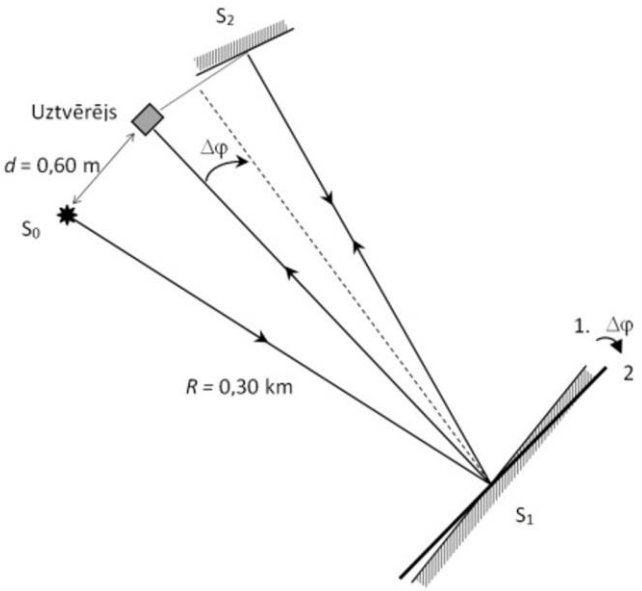
B un C Uzvedinoši jautājumi:

– Cik ilgā laikā, pagriežoties spogulim par nelielu leņķi, gaismas stars veic ceļu no nekustīgā spoguļa līdz nekustīgam spogulim un atpakaļ?

– Cik liels ir attālums starp uztvērēju un nekustīgo spoguli? Atceries, kādā gadījumā riņķa loku var pielīdzināt taisnei!

– Kā nosaka riņķa līnijas garumu?

– Kā saistās punkta noietais ceļš pa riņķa līniju viena pilna apgrieziena laikā ar punkta veikto daļu no riņķa līnijas garuma, ja zināms punkta kustības periods un laiks, kurā punkts noiet daļu no riņķa līnijas? Atceries par proporcijām!



407. att.

B Spogulim pagriežoties par $\Delta\varphi$, gaismas stars veic ceļu $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_1$ laikā

$$\Delta t = \frac{2R}{c} = \frac{2 \cdot 0{,}3 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = 2 \cdot 10^{-6}\ \text{s} = 2\ \mu\text{s}$$

Pieņemsim, ka loks S_0U vai US_2 (U – Uztvērējs) tiecas uz taisni un loks $S_0U \approx d = 0{,}6$ m (407. attēls).

$0{,}5S_0U = 0{,}3$ m, ko veic $\Delta t = 2$ µs

Riņķa līnijas garums $l = 2\pi R = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}3 \cdot 10^3 = 1{,}885 \cdot 10^3$ m

Spoguļa rotācijas periods.

$$T_{max} = \frac{l}{0{,}5S_0U} \cdot \Delta t = \frac{1{,}885 \cdot 10^3}{0{,}3} \cdot 2\ \mu\text{s} = \mathbf{12566\ \mu s}$$

C Lai izrēķinātu $\Delta t = 2$ mikrosekundēs veikto pagrieziena leņķi, izmanto attiecību, ka 12566 mikrosekundēs veic 360° leņķi (skat 4B jautājuma risinājumu).

Tātad pagrieziena leņķis $\Delta\varphi = \frac{360° \cdot \Delta t}{T_{max}} = \frac{360^0 \cdot 2\ \mu s}{12566\ \mu s} = \mathbf{0{,}0573^0}$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos par gaismas atstarošanos plakanos spoguļos, par vienmērīgu kustību un kustību par riņķa līniju:

- attēlu veidošanās plakanā spogulī (1., 2A, 2B jautājumi), attēlu raksturlielumu (1.), gaismas atstarošanās likums (3A, 4B).
- pārvietojums vienmērīgā kustībā (4A, 4B).
- riņķa līnijas garums (4B), periods (4B, 4C), pagrieziena leņķis (4B, 4C), riņķa līnijas loks (3A, 4B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- aprakstīt kustību, izmantojot kustības raksturlielumus (4A);
- veidot fizikālo procesu matemātisko aprakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (3A, 3B, 4B, 4C);
- analizēt fizikāla rakstura informāciju attēlā (3A, 4A, 4B);

- konstruēt staru gaitu plakanu spoguļu sistēmā (3A, 4B);
- pārveidot mērvienības (3A, 3B, 4B);
- veikt aprēķinus (3A, 3B, 4A, 4B, 4C).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- identificēt, veikt vienkāršu darbību – jautājumi 1., 2A un 2B;
- aprakstīt, veikt darbību pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – jautājumi 4A un 4C;
- analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt, pielietot – jautājumi 3B un 4B;
- izvērtēt, iztēloties, radīt – jautājums 3A.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par gaismas staru gaitu plakanos spoguļus. Skolēnam jāspēj iztēloties un uzzīmēt, kā mainīsies staru gaita, ja spogulis rotēs. Tāpat kā citos optikas uzdevumos, arī šajā uzdevumā noderēs ģeometrijas zināšanas par taisnleņķa trijstūri, par krustleņķiem, par riņķa līnijas garumu un riņķa līnijas loku. Skolēnam jāprot sastādīt proporcijas, lai atrastu risinājumu uzdevuma vairākos jautājumos (3B un 4C).

V2020-9-3. LAMPIŅU DRUDZIS

A Oma likums ķēdes posmam $I = \frac{U}{R}$

Kad izdegušo virtenes posmu izgrieza, kopējā virtenes **pretestība samazinājās**, bet **spriegums** tīklā palika **tāds pats**, tātad **strāvas stiprums** virtenē **pieauga** un **lampiņas** sāka spīdēt **spožāk**.

B Ņemot vērā, ka virtene darbojās, kaut arī viena lampiņa bija izdegusi, lampiņas virtenē ir saslēgtas **paralēli**. Vadiem un barošanas avotam nav pretestības, tad kopējo ķēdes pretestību veido tikai lampiņu pretestība.

Slēgumā izdalās jauda $P = UI$ un $U = IR_{kopējā}$, no kurienes $R_{kopējā} = \frac{U}{I} = \frac{P}{I^2} = \frac{3}{0{,}1^2} = 300\ \Omega$

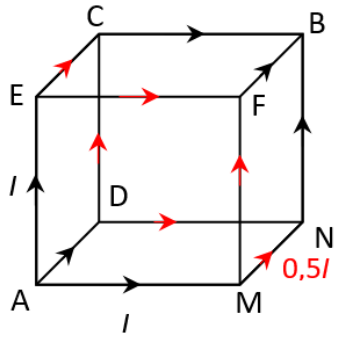
Tā kā elementi ir saslēgti paralēli un tie ir vienādi, tad

$$R_{kopējā} = \frac{R}{2} \rightarrow \quad R = 2 \cdot R_{kopējā} = 2 \cdot 300 = \mathbf{600\ \Omega}$$

C

C1 Uzvedinošs jautājums:

– Kā sadalās strāvas stiprums vadītāju paralēlslēgumā, ja vadītājiem ir vienādas pretestības?



408. att.

Apskatām, kā plūst strāva no punkta A uz punktu B (408. att.).

Paralēlslēgumā strāvas stiprums sadalās vienādās daļās katrā atzarā, ja patērētāju pretestības ir vienādas.

Tātad no punkta A – posmos AM, AD un AE – plūst strāva *I*. No punktiem E, D un M, ir divi atzari, tātad posmos EC, EF, DC, DN< MF un MN – plūst strāva 0,5*I*. Punktos F, N un C – elektroni atkal saplūst kopā un strāvas stiprums atkal ir *I*.

Ģeometriski no punkta A ir trīs vienādi atzari, MN posmam ir vēl 5 analoģiski posmi, tāpēc posmā AD strāvas stiprums būs divreiz lielāks. $\mathbf{I_{AD} > I_{MN}}$

C2 Uzvedinošs jautājums:

– Kā sadalās spriegums paralēlslēguma posmos, ja vadītāju pretestības ir vienādas, bet caur vadītājiem plūstošās strāvas stiprumi ir atšķirīgi?

Skat C1 risinājumu. Ģeometriski no punkta A ir trīs atzari, MN posmam ir vēl 5 analoģiski posmi, tāpēc posmā AD strāvas stiprums būs lielāks, bet spriegums divreiz lielāks. **$U_{AD} > U_{MN}$**

C3 Uzvedinošs jautājums:

– Cik liela ir pretestība paralēlslēgumā, ja paralēli saslēgti trīs vadītāji ar vienādu pretestību un cik, ja – seši? Salīdzini, cik paralēli vadu posmi iet no katra sazarojuma punkta!

No punkta A strāva plūst pa trim paralēliem vadu posmiem, tātad šajā posmā pretestība ir $R/3$. Pēc tam katrs no trim posmiem sadalās divos posmos, kopā sanāk seši paralēli vadu posmi, tātad šajā posmā pretestība ir $R/6$. Pēc tam katri divi vadu posmi saplūst vienā jeb atkal ir trīs paralēli vadu posmi, tātad pretestība ir $R/3$.

$$R_{AB} = \frac{R}{3} + \frac{R}{6} + \frac{R}{3} = \frac{2R + R + 2R}{6} = \frac{5R}{6} = \mathbf{0{,}83}\boldsymbol{R}$$

D

D1 Uzvedinošs jautājums:

– Caur kādiem elementiem slēgumā plūst strāva, ja slēdzis nav ieslēgts?

Analizējot doto slēgumu (254. att.), redzam, ka gadījumā, kad slēdzis nav ieslēgts, strāva plūst vispirms caur paralēlslēgumu un tad caur tam virknē slēgto vadītāju (skat. shēmu a).

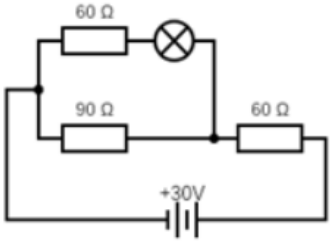
Ķēde ar ieslēgtu slēdzi attēlota shēmā **b**.

D2 Uzvedinoši jautājumi:

– Kā sadalās kopējais strāvas stiprums, kas plūst ķēdē ar neieslēgtu slēdzi? Uzraksti sakarību!

– Kā sadalās kopējais ķēdei pieliktais spriegums ķēdē ar neieslēgtu slēdzi? Ievieto izteiksmē zināmās vadītāju pretestības vērtības!

– Kā sadalās kopējais ķēdei pieliktais spriegums ķēdē ar ieslēgtu slēdzi? Ievieto izteiksmē zināmās vadītāju pretestības vērtības! Salīdzini abas iegūtās izteiksmes ķēdē ar ieslēgtu slēdzi un ķēdē ar neieslēgtu slēdzi!



409. att.

R – spuldzes pretestība, U – spriegums uz spuldzes.

Apskatīsim ķēdi ar neieslēgtu slēdzi (409. att.).

U_{kop} = 30 V; $R_1 = R_3$ = 60 Ω; R_2 = 90 Ω

Ķēdē ar neieslēgtu slēdzi:

- Spriegums paralēlajā posmā: $U_{paralēli} = U + I_1 R_1 = U + \frac{U}{R} R_1$
- Kopējais strāvas stiprums: $I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R} + \frac{U_{paralēli}}{R_2}$
- Spriegums ķēdē: $U_{kop} = U_{paralēli} + IR_3 = U + \frac{U}{R} R_1 + \left(\frac{U}{R} + \frac{U_{paralēli}}{R_2}\right) R_3$

$$U_{kop} = U + \frac{U}{R} R_1 + \frac{U}{R} R_3 + \frac{U}{R_2} R_3 + \frac{U}{R R_2} R_1 R_3$$

- Ievietojam zināmās pretestības vērtības un iegūstam:

$$U_{kop} = U + \frac{U}{R}60 + \frac{U}{R}60 + \frac{U}{90}60 + \frac{U}{90R}60 \cdot 60$$

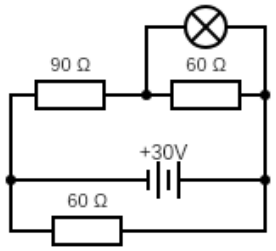
$$U_{kop} = \frac{150U(R+96)}{90R} = 30 \text{ V}$$

Ķēdē ar ieslēgtu slēdzi (410. att.):

- Spriegums ķēdē: $U_{kop} = U + R_2\left(\frac{U}{R} + \frac{U}{R_1}\right)$
- Ievietojam zināmās pretestības vērtības un iegūstam:

$$U_{kop} = U + 90\left(\frac{U}{R} + \frac{U}{60}\right)$$

$$U_{kop} = \frac{150U(R+36)}{60R} = 30 \text{ V}$$



410. att.

Pielīdzinot abus iegūtos vienādojumus ķēdē ar ieslēgtu un izslēgtu slēdzi, izrēķinām spuldzes pretestību *R*.

$$\frac{150U(R+96)}{90R} = \frac{150U(R+36)}{60R}$$

$$R = \mathbf{84\ \Omega}$$

Ievietojot pretestības vērtību vienā no iegūtajiem vienādojumiem, aprēķina sprieguma kritumu *U* uz spuldzes:

$$U_{kop} = \frac{150U(R+96)}{90R} = 30\ V \rightarrow\ U = \frac{30 \cdot 90R}{150(R+96)} = \frac{30 \cdot 90 \cdot 84}{150(84+96)} = \mathbf{8{,}4\ V}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematā par elektriskajiem slēgumiem:

- Oma likums (A, B, C2, C3 un D2 jautājumi), elektriskās ķēdes raksturlielumu sakarības virknes slēgumā (A, D2), elektriskās ķēdes raksturlielumu sakarības paralēlslēgumā (B, C1, C2, C3, D2), jauktais slēgums (D1, D2), jauda (B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- aprakstīt kustību, izmantojot kustības raksturlielumus (B);
- veidot fizikālo procesu matemātisko aprakstu, analizēt, pārveidot un kombinēt izveidotās likumsakarības (D2);
- veikt analītiskus spriedumus par procesiem, izmantojot fizikas likumus (visos uzdevuma jautājumos);
- veikt aprēķinus (B, D2).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- aprakstīt, veikt darbību pēc algoritma, kombinēt atsevišķus elementus – jautājumi A un B;
- analizēt, redzēt kā daļu no veselā, sasaistīt, pielietot – jautājumi C un D.

Risinot uzdevumu, skolēnam jādemonstrē izpratne par elektrisko ķēžu slēgumiem, kādas sakarības ir spēkā virknes un paralēlos patērētāju slēgumos, t. i., kā sadalās strāvas stiprums un spriegums slēgumos ar vienādām un atšķirīgām pretestībām. Skolēnam jāspēj iztēloties un uzzīmēt elektrisko slēgumu ekvivalentos slēgumus.

10. klase

V2020-10-1. NOVUSS

A Leņķis α ir leņķis starp **v** un nogriezni, kas savieno kauliņu centrus, sk. 255. att.

$$sin\alpha = \frac{R}{3R} = \frac{1}{3} \Rightarrow \alpha = arcsin\frac{1}{3} = \mathbf{19{,}5^0}$$

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds nezūdamības likums izpildās jebkurās sadursmēs?

– Kas saglabājas absolūti elastīgajās sadursmēs atšķirībā no neelastīgajām?

– Cik reižu lielā kauliņa masa ir lielāka par mazā kauliņa masu?

– Kādu informāciju no iepriekšējā jautājuma risinājumā dotā zīmējumā var iegūt par sakarību starp mazo kauliņu ātruma projekcijām?

Apzīmēsim mazā kauliņa masu ar *m* un blīvumu ar ρ. Mazā kauliņa masa ir $m = V\rho = \pi R^2 h\rho$
Tad lielā kauliņa masa būs vienāda ar $\pi(2R)^2 h\rho = 4m$

Izvēlēsimies x ass virzienu lielā kauliņa ātruma $\vec{\mathbf{v}}$ virzienā.

Projicējot impulsa nezūdamības likuma vienādojumu uz x ass:

$$4mv = 4mv_1 + 2mv_{2x}$$
$$2v = 2v_1 + v_{2x} \qquad (1.)$$

v_1 un v_2 ir lielā un mazā kauliņa ātrumi pēc sadursmes, v_{2x} un v_{2y} – mazo kauliņu ātruma projekcijas x un y ass virzienā pēc sadursmes. Acīmredzami, ka $v_2^2 = v_{2x}^2 + v_{2y}^2$

No simetrijas apsvērumiem, mazo kauliņu ātrumi pēc sadursmes ir vienādi, tāpēc impulsa saglabāšanas likums automātiski izpildās y komponentēm.

Ķermeņu absolūti elastīgajās sadursmēs saglabājas arī sistēmas kopējā kinētiskā enerģija:

$$\frac{4mv^2}{2} = \frac{4mv_1^2}{2} + 2\cdot\frac{mv_2^2}{2}$$
$$2v^2 = 2v_1^2 + v_{2x}^2 + v_{2y}^2 \qquad (2.)$$

Zinot leņķi α, var uzrakstīt saistību starp mazā kauliņa ātruma komponentēm:
tā kā

$$tg\alpha = \frac{R}{\sqrt{(3R)^2 - R^2}} = \frac{1}{\sqrt{8}} = \frac{1}{2\sqrt{2}}$$
$$\frac{v_{2y}}{v_{2x}} = tg\alpha \Rightarrow v_{2y} = \frac{v_{2x}}{2\sqrt{2}} \quad (3.)$$

Ievietojot iegūto sakarību (3.) v_{2y} vietā izteiksmē (2.):

$$2v^2 = 2v_1^2 + v_{2x}^2\left(1 + \frac{1}{8}\right) \quad (4.)$$

Apvienosim vienādojumus (1.) un (4.) sistēmā ar diviem nezināmiem v_1 un v_{2x} un atrisināsim to attiecībā pret v_{2x}:

$$\begin{cases} 2v = 2v_1 + v_{2x} \\ 2v^2 = 2v_1^2 + v_{2x}^2\left(1+\frac{1}{8}\right) \end{cases}$$

Izsakot no pirmā sistēmas vienādojuma $v_1 = v - \frac{1}{2}v_{2x}$ un ievietojot otrajā, iegūst:

$$2v^2 = 2\left(v - \frac{1}{2}v_{2x}\right)^2 + \frac{9}{8}v_{2x}^2$$

$$2v^2 = 2v^2 - 2v \cdot v_{2x} + \frac{1}{2}v_{2x}^2 + \frac{9}{8}v_{2x}^2$$

$$\frac{13}{8}v_{2x}^2 = 2v \cdot v_{2x}$$

$$v_{2x} = \frac{16v}{13}$$

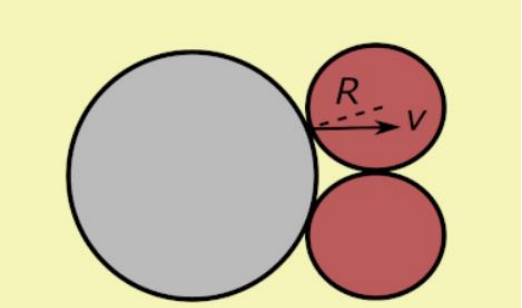
Izmantojot izteiksmi (3.): $v_{2y} = \frac{v_{2x}}{2\sqrt{2}} = \frac{8v}{13\sqrt{2}}$

$$v_2 = \sqrt{\frac{256v^2}{169} + \frac{64v^2}{169 \cdot 2}} = \frac{v\sqrt{288}}{13} \approx \mathbf{1{,}31}v$$

C. Uzvedinošs jautājums:

– Kāds ir kauliņu savstarpējās berzes spēka virziens un kā berzes spēks ietekmē mazo kauliņu?

Mazā kauliņa ātrums **samazinātos**, jo lielā kauliņa ātrums nav vērsts precīzi mazā kauliņa rādiusa virzienā (411. att.). Tādā gadījumā berze starp kauliņiem nodrošina, ka parādās spēka komponente, kas perpendikulāra rādiusam un iegriež mazo kauliņu. Tādā veidā daļa no lielā kauliņa kinētiskās enerģijas pāriet mazā kauliņa rotācijas enerģijā.



411. att.

D Uzvedinošs jautājums

– Kāds ir lielā kauliņa ātrums pēc sadursmes, ja sadursme ir absolūti elastīga; ja sadursme ir absolūti neelastīga?

Ripas ātrums **palielinātos**. Izmantojot B jautājuma risinājumā iegūto sakarību, var aprēķināt lielā kauliņa ātrumu pēc absolūti elastīgas sadursmes: $v_1 = v - \frac{1}{2}v_{2x} = v - \frac{8}{13}v = \frac{5}{13}v \approx 0{,}385v$.

Robežgadījumā, ja sadursme ir absolūti neelastīga (piemēram, ja kauliņi būtu taisīti no plastilīna), visi kauliņi turpinātu kustēties tālāk kā viens vesels un impulsa nezūdamības likumu varētu uzrakstīt sekojošā formā:

$$4mv = (2m + 4m)v_1 \Rightarrow v_1 = \frac{2}{3}v \approx 0{,}667v$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Mijiedarbība un spēki – ķermeņa masa, tilpums, blīvums (jautājums 1B), berzes spēks (jautājums 1C).

- Enerģija un impulss – absolūti elastīgas sadursmes (jautājumi 1A, 1B, 1D).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1C, 1D);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1B, 1D);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 1A, 1B);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājumi 1B, 1C);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (attēli, vienādojumi, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 1A, 1B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- apraksta, veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājums 1A;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, klasificē, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista – jautājumi 1B, 1C, 1D.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jāsaprot, ka absolūti elastīgajās sadursmēs saglabājas gan sistēmas kopējais impulss, gan kinētiskā enerģija. Skolēniem jābūt labām matemātiskam prasmēm vienādojumu un to sistēmu sastādīšanā, pārveidošanā un atrisināšanā, lai veiksmīgi tiktu galā ar šo uzdevumu. Jāprot izmantot kalkulatoru trigonometrisko funkciju un leņķu aprēķināšanai, veidot un analizēt situācijai atbilstošus matemātiskos modeļus, pielietot matemātikas zināšanas (trigonometriskās sakarības taisnleņķa trijstūrī, leņķis starp rādiusu un pieskari, cilindra tilpums, vienādojumu sistēmas).

V2020-10-2. OLIMPISKĀS SVĀRSTĪBAS

1.

A Līnijas garums ir proporcionāls leņķim, tāpēc $\frac{L}{\beta} = \frac{2\pi R}{360}$

Iegūstam, ka $R = L\frac{180}{\pi\beta} = \mathbf{18{,}3\ m}$

B **Uzvedinošs jautājums:**

Vai visi dotie lielumi ir SI sistēmas pamata mērvienībās?

Ātrums $v = 120\ \frac{\text{km}}{\text{h}} = 33{,}3\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ un $a_c = \frac{v^2}{R} = \mathbf{60{,}7\ \frac{m}{s^2}}$

2. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kādi divi spēki darbojas uz bobu? Kas ir jānodrošina šiem diviem spēkiem, lai bobs kustētos pa virāžu un lai notiktu svārstības?

Lai notiktu svārstības, jābūt atgriezējspēkam, kas virza bobu uz līdzsvara stāvokli. Citiem vārdiem sakot, līdzsvara stāvoklim jābūt stabilam. Tāpēc apskatīsim situāciju, kad bobs neatrodas līdzsvara leņķī α_0.

Ja bobs neatrodas līdzsvara leņķī, tad uz to joprojām darbojas tikai divi spēki: **smaguma spēks** un **virsmas reakcijas spēks**. Šiem spēkiem jānodrošina **centrtieces paātrinājums**. Ieviesīsim koordinātu sistēmu, kurā y ass vērsta $\boldsymbol{F}_R$ virzienā, bet x ass vērsta perpendikulāri $\boldsymbol{F}_R$ kā redzams 257. attēlā.

y ass virzienā $\boldsymbol{F}_r$ kompensē visus pārējos spēkus un nodrošina, ka objekts neizlido cauri virāžai. Atliek aplūkot II Ņūtona likumu pa x asi:

$$mg_x = ma_x + ma_{cx}$$

kur a_x ir **nekompensētā paātrinājuma daļa** x ass virzienā.

Savukārt

$$a_{cx} = a_c cos\alpha \text{ un } g_x = gsin\alpha$$

ir attiecīgi centrtieces paātrinājums un brīvās krišanas paātrinājuma projekcija uz x asi. Rezultātā iegūstam, ka

$$a_x = gsin\alpha - a_c cos\alpha$$

No šejienes redzam, ka, ja $\alpha = \alpha_0$, tad $a_x = 0$, ja $\alpha > \alpha_0$, tad $a_x > 0$, ja $\alpha < \alpha_0$, tad $a_x < 0$.

Tālāk centīsimies aprēķināt šo svārstību periodu (kas uzdevumā netiek prasīts). Apzīmējam, ka $\alpha = \alpha_0 + \delta$, kur δ ir novirze no līdzsvara leņķa, bet $a_x = -r\ddot{\delta}$, kur $\ddot{\delta}$ ir leņķiskais paātrinājums. Mīnusa zīme rodas no tā, ka leņķa pieaugšanas virziens ir pretējs a_x pozitīvajam virzienam. Iegūstam

$$-r\ddot{\delta} = gsin(\alpha_0 + \delta) - a_c \cos(\alpha_0 + \delta).$$

Ņemot vērā, ka δ ir mazs, iegūstam tuvinājumus

$$\sin(\alpha_0 + \delta) = sin\alpha_0 cos\delta + sin\delta cos\alpha_0 \approx sin\alpha_0 + \delta cos\alpha_0$$
$$\cos(\alpha_0 + \delta) = cos\alpha_0 cos\delta + sin\delta cos\alpha_0 \approx cos\alpha_0 - \delta sin\alpha_0$$

Pielietojot tās, iegūstam

$$\ddot{\delta} + \frac{gcos\alpha_0 + a_c sin\alpha_0}{r}\delta = 0$$

Salīdzinot iegūto vienādojumu ar $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, kur svārstību periods $T = 2\pi\frac{1}{\omega}$, iegūstam, ka šīm svārstībām periods ir

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r}{gcos\alpha_0 + a_c sin\alpha_0}} = 2\pi\sqrt{\frac{r}{\sqrt{g^2 + a_c^2}}}$$

Komentārs par vērtēšanu:

Punkti tiek doti, ja skolēns norāda, ka:

- Uz bobu darbojas tikai smaguma spēks un virsmas reakcijas spēks
- Šo spēku summa rada centrtieces spēku un spēku, kas virza bobu uz līdzsvara stāvokli.

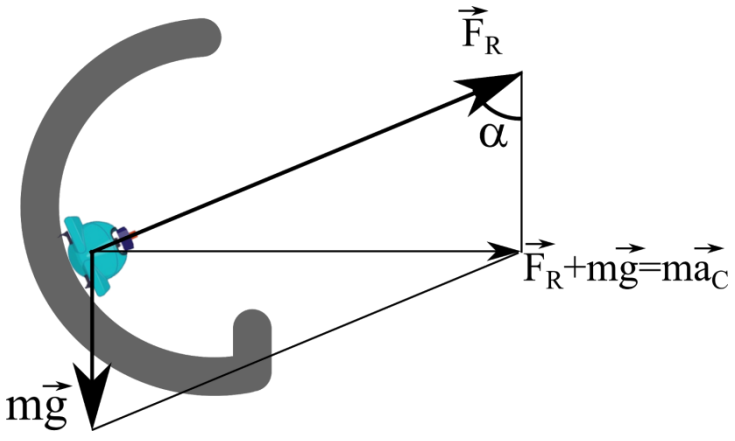
Perioda izvedums netiek sagaidīts no skolēna šajā uzdevumā.

3.

A Uzvedinošs jautājums:

– Kādam spēku līdzsvaram jāizpildās?

Reakcijas spēka vertikālā komponente kompensē smaguma spēku, kā rezultātā bobsleja kamanas nepārvietojas uz augšu un uz leju. Bet reakcijas spēka horizontālā komponente nodrošina centrtieces paātrinājumu (412. att.).



412. att.

Rezultātā iegūstam divus vienādojumus

$$F_R cos\alpha = mg$$
$$F_R sin\alpha = ma_c$$

Izdalot šos vienādojumus, iegūstam, ka

$$tg\alpha = \frac{a_c}{g} = \frac{60{,}7}{9{,}81} = 6{,}19$$

un

$$\alpha = arctg6{,}19 = \mathbf{80{,}8^0}$$

Neskatoties uz to, ka svārstības notiek ar lielu amplitūdu, pieņemsim, ka svārstības ir harmoniskas. Tālākajos punktos izmantot, ka leņķim izpildās harmonisku svārstību vienādojums ar periodu

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r}{\sqrt{g^2 + a_c^2}}}$$

kur *g* ir brīvās krišanas paātrinājums un a_c ir centrtieces paātrinājums, kas izrēķināts B punktā.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kur bobs atradīsies pēc pus perioda? Un kur tas atradīsies pēc pilna perioda?

Lai svārstību beigās iegūtu $\alpha = 0$, jānotiek vienai (vai vairākām) pilnai svārstībai. Laiks, ko bobs pavada virāžā, ir $t = \frac{L_0}{v}$. Iegūstam, ka virāžas garums ir $L_0 = nvT$, kur $n \in$ N ir kāds naturāls skaitlis un

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r}{\sqrt{g^2 + a_c^2}}} = \sqrt{\frac{2{,}3}{9{,}81^2 + 60{,}7^2}} = 1{,}21\ \text{s}$$

$$L_0 = 33{,}3 \cdot 1{,}12 \cdot n = 40{,}5n$$

Tātad virāžai jābūt **40,5 m** (ja *n* = 1) vai **81,0 m** garai (ja *n* = 2).

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kāds ir harmonisku svārstību vienādojums gadījumā, ja sākumā objekts neatrodas līdzsvara punktā?

– Kā izmainās svārstību vienādojums, ja līdzsvara punkts nav 0, bet gan α_0?

Harmonisku svārstību gadījumā

$$\alpha = \alpha_0 - \alpha_0\cos(\omega t) = \alpha_0 - \alpha_0\cos\left(2\pi\frac{t}{T}\right) = \alpha_0 - \alpha_0\cos\left(2\pi\frac{L}{vT}\right) = \mathbf{32{,}6^0}$$

D Uzvedinoši jautājumi:

– Šī brīža virāžas garums ir tuvāk L_1 vai L_2? Svārstību periods ir jāsamazina vai jāpalielina?

– Kā izmainīsies svārstību periods izmainot *r*?

– Kā izmainīsies svārstību periods izmainot *R*?

Lai iegūtu, ka α = 0 virāžas beigās, ir jāizpildās nosacījumam

$$\cos\left(2\pi\frac{L}{vT}\right) = 1$$

Esošais virāžas garums ir 75 m, kas ir tuvāk nepieciešamajiem 81,0 m nekā 40,5 m (skatīt 3B punkta atrisinājumu), tāpēc **virāžas garums ir jāpalielina**.

Vēl lielumu $\cos\left(2\pi\frac{L}{vT}\right)$ varam palielināt, samazinot periodu *T*. To var izdarīt, **samazinot *r*** vai palielinot a_C. a_C var palielināt **samazinot *R***.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēnam nepieciešamas zināšanas tēmā – mehānika/kustība pa riņķa līniju un spēki:

- Centrtieces paātrinājums (jautājums B).
- Centrtieces spēks (jautājums C un D).
- Smaguma spēks (jautājumi C un D).
- Virsmas reakcijas spēks (jautājumi C un D).
- Spēku līdzsvars (jautājums D).

svārstības:

- Svārstību periods (jautājumi E, F un G).
- Svārstību nosacījumi, tādi kā stabils līdzsvara stāvoklis un atgriezējspēks (jautājums C).
- Harmonisku svārstību vienādojums (jautājumi F un G).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t. sk.

- veic matemātiskas darbības ar trigonometriskām funkcijām (jautājumi D un F);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikālie lielumiem (jautājumi A, D, E, F un G);
- izvērtē fizikālo lielumu maiņu, izmantojot funkcionālās sakarības (jautājums G);
- skaidro procesus izmantojot zināšanas par fizikālo sistēmu (jautājums C);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājumi C un D);
- apraksta fizikālo procesu izmantojot matemātiskās likumsakarības (viss uzdevums);
- veido fizikālo procesu matemātisko pierakstu, analizē, pārveido un kombinē izveidotās likumsakarības (jautājumi D, E un F);
- veic aprēķinus (jautājumi A, B, D, E un F).

Uzdevumu risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- veic vienkāršas darbības – jautājums B;
- veic darbības pēc algoritma, kombinē atsevišķus elementus – jautājums A;
- analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi D un E;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – jautājumi C, F un G.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam ir nepieciešams zināt pamata lietas par rotācijas kustību, spēkiem un svārstībām. Uzdevuma ievadā ir jautājumi par rotācijas kustību, bet uzdevuma turpinājumā ir aplūkotas svārstības. Uzdevuma sarežģītība slēpjas tajā, ka ir grūti iztēloties situāciju, kurā objekts vienlaikus atrodas gan kustībā pa riņķa līniju, gan svārstās. Kā arī uzdevumā parādās svārstības, kurā svārstās leņķis. Tāpēc skolēnam jābūt uzmanīgam ar apzīmējumiem. Uzdevums ir saistīts, tāpēc, lai varētu izrēķināt uzdevuma tālākās daļas, ir pareizi jāizrēķina iepriekšējās.

V2020-10-3. PLĀTNES

1.

A Koordinātu sākumpunktu izvēlēsimies kreisās plātnes augšējā stūrī, iezīmēsim x ass horizontālajā virzienā, bet y ass vertikālajā virzienā (413. att.). Zīmējumā var redzēt, ka lodītes centra veiktais attālums horizontālajā virzienā starp abām sadursmēm ir

$l = L - 2r = 0{,}1 - 0{,}02 = \mathbf{0{,}08\ m}$

B Uzvedinoši jautājumi

– Kāda ir lodītes kustība no atraušanas no plātnes līdz pirmajai sadursmei ar labo plātni?

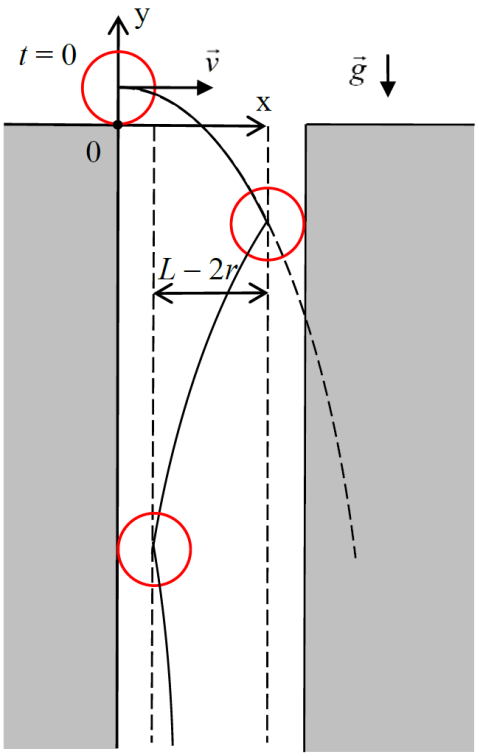
– Kādi ir šīs kustības vienādojumi?

Iedomāsimies, ka labās plātnes nav. Tādā gadījumā lodītes kustību pēc atraušanās no kreisās plātnes malas apraksta horizontāla sviediena vienādojumi:

$$\begin{cases} x = x_0 + v_{0x}t \\ y = y_0 + v_{0y} + \dfrac{at^2}{2} \end{cases}$$

To parametri ir viegli nolasāmi no zīmējuma (413. att.):

y_0	v_{0y}	a	x_0	v_{0x}
r	0	-g	0	v



413. att.

Lodītes veiktais attālums horizontālajā virzienā pirms pirmās sadursmes $s_{x1} = L - r = 0{,}1 - 0{,}01 = 0{,}09$ m

Laiks līdz pirmajai sadursmei ir $\boldsymbol{t_1 = \frac{s_{x1}}{v_x} = \frac{0{,}09}{1} = 0{,}09}$ s

$v_{y1} = v_{y0} + gt_1 = 0 + 9{,}8 \cdot 0{,}09 = 0{,}882$ m/s

No ātrumu trijstūra: $\boldsymbol{tg\alpha = \frac{v_{y1}}{v_{x1}} = \frac{0{,}882}{1} = 0{,}882}$

$$\boldsymbol{\alpha = arctg\frac{v_{y1}}{v_{x1}} = arctg0{,}882 = 41{,}41^0}$$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda ir lodītes kustība no atraušanas no plātnes līdz pirmajai sadursmei ar labo plātni?

– No kā ir atkarīgs krišanas laiks kustībā gravitācijas laukā?

– Ko maina šajā kustībā sadursmes ar plātnēm?

Saskaņā ar uzdevuma nosacījumiem katrā sadursmē ātruma projekcija uz y asi ir konstanta, bet projekcija uz x asi maina zīmi uz pretējo. Tādējādi otrās plātnes klātbūtne nekādā veidā neietekmē krišanas laiku. Izmantojot kustības vienādojumu y ass virzienā $t_k = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{9{,}8}} = \mathbf{0{,}45\ s}$

D Starp diviem atsitieniem, lodīte veic horizontālu attālumu $l = L - 2r$. Neskaitot ceļu pēc pēdējās sadursmes, pilns horizontālā virzienā veiktais ceļš ir

$$s_x = N(L - 2r) + r$$

Krišanas laikā lodīte horizontālā virzienā veic $s_x = \mathrm{v}t_k$

Apvienojot abus vienādojumus iegūst

$N = \left[\frac{\mathrm{v}t_k - r}{L - 2r}\right]$, kur kvadrātiekavas apzīmē skaitļa veselo daļu.

Aprēķinot atsitienu skaitu skaitliski, iegūst

$$N = \left[\frac{1 \cdot 0{,}45 - 0{,}01}{0{,}1 - 2 \cdot 0{,}01}\right] = [5{,}52] = \mathbf{5}$$

E Spriežot līdzīgi kā punktā B: $v_x = v = 1$ m/s, $v_y = v_{y0} + gt_k = 0 + 9{,}8 \cdot 0{,}45 = 4{,}41$ m/s

No ātrumu trijstūra: $\boldsymbol{tg\alpha = \frac{v_{yk}}{k} = \frac{4{,}41}{1} = 4{,}41}$

$$\boldsymbol{\alpha = arctg\frac{v_{y1}}{v_{x1}} = arctg4{,}41 = 77{,}2^0}$$

F Uzvedinošs jautājums

– Cik liela ir lodītes impulsa izmaiņa sadursmē ar sienu?

Impulsa izmaiņa viena sitiena laikā ir $\Delta p = m\Delta \mathrm{v}_x = 2m\mathrm{v}_x$

Laiks starp diviem atsitieniem pret vienu plāksni $\Delta t = 2 \cdot \frac{L-2r}{\mathrm{v}} = 0{,}16$ s

Vidējais spēks ir $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2m\Delta \mathrm{v}}{\Delta t} = \frac{2m\mathrm{v}_x}{\Delta t} = \frac{2m}{0{,}16} = 12{,}5\ \mathrm{m} = \mathbf{0{,}4125\ N}$

2.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda būtu lodītes kustība, sasniedzot plātnes augšējās malas galu, ja lodītes slīdēšanas ātrums ir mazāks par minimālo, kas nepieciešams, lai lodīte turpinātu virzītu kustību?

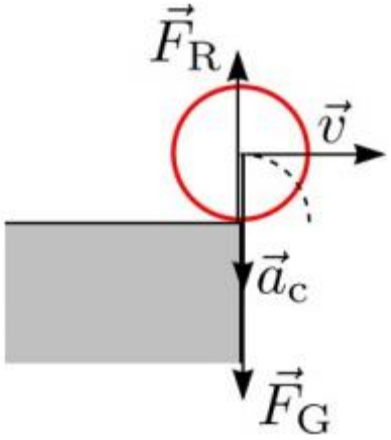
– Ko var pateikt par spēkiem, kas darbojas uz lodīti robežgadījumā – ja tā tomēr var turpināt kustēties bez velšanās pāri plātnes malai?

Ja sasniedzot plātnes augšējās malas galu, lodītes slīdēšanas ātrums ir mazāks par minimālo, kas nepieciešams, lai lodīte turpinātu virzītu kustību, tad lodīte nezaudē saskari ar plātnes šķautni, tā "veļas pāri" plātnes malai un lodītes centrs pārvietojas pa riņķa līnijas loku ar rādiusu *r*, iegūstot centrtieces paātrinājumu $a_c = \frac{\mathrm{v}^2}{r}$ (414. att.).

Robežgadījumā ātrums ir pietiekami liels, lai lodīte zaudētu saskari ar plātnes malu ($F_R = 0$), uz lodīti darbojas tikai smaguma spēks, šajā robežgadījumā 2. Ņūtona likumu lodītes kustībai var pierakstīt formā:

$mg = \frac{m\mathrm{v}^2}{r}$, no kurienes $\mathrm{v} = \sqrt{gr} = 0{,}31$ m/s

Tātad, ja **v > 0,31 m/s**, lodīte aizlido pāri malai bez velšanās (turpina virzes kustību).



414. att.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki darbojas uz lodīti, kas veļas pāri plātnes malai?

– Ko var pateikt par šiem spēkiem brīdī, kad lodīte sāk atrauties no plātnes?

– Kādas enerģijas pārvērtības notiek lodītē no brīža, kad tā sāk velties pāri plātnes malai līdz brīdim, kad tā sāk atrauties no plātnes?

Kamēr lodīte veļas pāri plātnes malai, uz to joprojām darbojas smaguma un virsmas normālās reakcijas spēks (415. att.). Brīdī, kad lodīte sāks atrauties no plātnes, $F_R = 0$.

Izvēlēsimies x ass virzienu gar taisni, kas savieno lodītes centru un lodītes saskares punktu ar plātnes stūri. 2. Ņūtona likums lodītes kustībai projekcijā uz x ass:

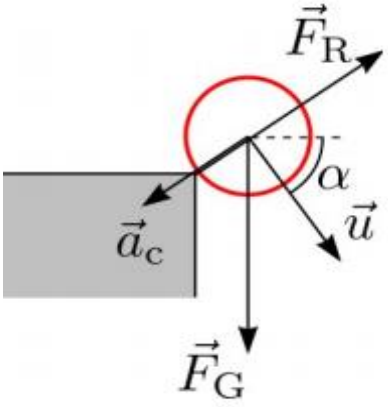
$$mgcos\alpha = \frac{mu^2}{r}$$

$$cos\alpha = \frac{u^2}{gr} \quad (1.)$$

Lai iegūtu ātrumu u, izmantosim enerģijas nezūdamības likumu.

Lodītes ātrums pieaug no 0 līdz u un smaguma centrs pārvietojas par $h = r - rcos\alpha$ uz leju. Līdz ar to iegūstam:

$$\frac{mu^2}{2} = mgr(1 - cos\alpha) \Rightarrow \frac{u^2}{gr} = 2(1 - cos\alpha) \quad (2.)$$



415. att.

Apvienojot izteiksmes (1.) un (2.), iegūst:

$cos\alpha = 2(1 - cos\alpha) \Rightarrow cos\alpha = \frac{2}{3}$

Tātad, atraušanās brīdī $\alpha = arccos\frac{2}{3} = \mathbf{48{,}2^0}$

C Izmantojot izteiksmi (2.) no iepriekšējā (2B) jautājuma atrisinājuma: $h = r(1 - cos\alpha) = \mathbf{0{,}33\ cm}$

D Izmantojot izteiksmi (1.) no iepriekšējā punkta atrisinājuma, iegūst: $u = \sqrt{grcos\alpha} = \sqrt{\frac{2gr}{3}}$

$$u_x = ucos\alpha = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{2gr}{3}} = 0{,}17\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$u_y = usin\alpha = u\sqrt{1 - cos^2\alpha} = \sqrt{\frac{10gr}{27}} = \mathbf{0{,}19\ \frac{m}{s}}$$

E Uzvedinoši jautājumi

– Kādos posmos var sadalīt lodītes kustību no plātnes malas sasniegšanas līdz piezemēšanai?

– Kāds ir pārvietojums horizontālā virzienā katrā kustības posmā?

Lodītes kustība notiek divos posmos: (i) kustība pa riņķa līnijas loku un (ii) slīpi sviesta ķermeņa kustība. Posmā (i) lodītes centrs nonāk attālumā $\delta = rsin\alpha$ no kreisās plātnes. Posmā (ii) kustība horizontālā virzienā ir vienmērīga un lodīte attālinās no plātnes par $s_x = u_x t$, kur t ir krišanas laiks. Lai noteiktu krišanas laiku t, aplūkosim kustību vertikālajā virzienā posmā (ii). Tā ir vienmērīgi paātrināta kustība ar sākuma ātrumu, tātad pārvietojumu var aprēķināt kā $s_y = u_y t + \frac{gt^2}{2}$

Šajā gadījumā $s_y = H - h$ un t iegūst, atrisinot kvadrātvienādojumu $\frac{g}{2}t^2 + \mathrm{v_y}t - (H - h) = 0$

No divām saknēm (t_1 = 0,48 s un t_2 = 0,44 s) fizikālā jēga ir tikai otrajai. Saskaitot kopā abas pārvietojuma daļas, iegūst

$$s = \delta + s_x = rsin\alpha + u_x t = \mathbf{8{,}2\ cm}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Ķermeņu kustība – centrtieces paātrinājums (jautājumi 2A, 2B).
- Mijiedarbība un spēki – balsta reakcijas spēks (jautājumi 2A, 2B), 1.Ņūtona likums (jautājumi 2A, 2B), spēka impulss (jautājums 1F).
- Gravitācija un kustība gravitācijas laukā – slīps sviediens (jautājums 2E), horizontāls sviediens (jautājumi 1B, 1C, 1D, 1E).
- Enerģija un impulss – kinētiskā enerģija un virs Zemes paceltā ķermeņa potenciālā enerģija, enerģijas nezūdamības likums (jautājums 2B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1A, 1C, 1D, 1E, 2A);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 2A, 2B, 2E);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 1A, 1B, 1D, 1E, 2B, 2D, 2E);
- apraksta kustību, izmantojot kustības raksturlielumus (jautājumi 1B, 1D, 1E, 2E);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājumi 2A, 2B);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājums 2B);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (attēli, vienādojumi, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 1A, 1C, 2A, 2B).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, identificē, veic vienkāršu darbību – jautājums 2C;
- apraksta, veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1A, 1B, 1D, 1E, 2D;
- salīdzina, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista – jautājumi 1C, 1F, 2A, 2B;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, prognozē, rada, iztēlojas, izvirza hipotēzes, reflektē – jautājums 2E.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jāsaprot, ka absolūti elastīgajās sadursmēs saglabājas gan sistēmas kopējais impulss, gan kinētiskā enerģija. Skolēniem jābūt labām matemātiskam prasmēm vienādojumu un to sistēmu sastādīšanā, pārveidošanā un atrisināšanā, lai veiksmīgi tiktu galā ar šo uzdevumu. Jāprot izmantot kalkulatoru trigonometrisko funkciju un leņķu aprēķināšanai, pielietot matemātikas zināšanas (trigonometriskās sakarības taisnleņķa trijstūrī, leņķis starp rādiusu un pieskari, cilindra tilpums, vektora sadalīšana komponentēs, vienādojumu un vienādojumu sistēmu sastādīšana un risināšana).

Jāparāda izpratne par kustību gravitācijas laukā, tās likumsakarībām, jāprot sastādīt un analizēt kustības vienādojumus, izvērtēt kustības raksturu horizontālā un vertikālā virzienā. Projicēt spēkus uz izvelētajām asīm. Balstoties un fizikas likumiem, veidot situācijas matemātisko modeli, kombinēt un pārveidot izveidotās sakarības.

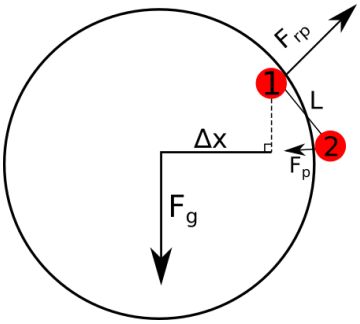
V2020-11-1. ROTĀCIJA

1. Dotajā situācijā darbojas tikai trīs spēki (416. att.):

*F*g, kas ir **riņķa smaguma spēks**, kurš ir pielikts riņķa masas centram, kurš atrodas riņķa centrā;

*F*p, kas ir **īkšķa reakcijas spēks** un spiež uz riņķi no ārpuses;

*F*rp, kas ir **rādītājpirksta reakcijas spēks**, kas spiež uz riņķi no tā iekšpuses.



416. att.

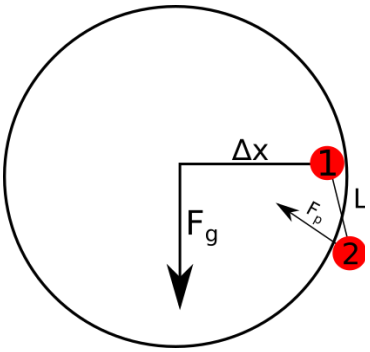
Griezes momentu var radīt spēki, kuru darbības līnija neiet caur rotācijas centru. Gan gravitācijas spēks, gan īkšķa reakcijas spēks atbilst šīm nosacījumam, līdz ar to tie rada griezes momentu ap rādītājpirkstu. Rādītājpirksta reakcijas spēks ir pielikts tieši rotācijas centram, līdz ar to tas nerada griezes momentu.

2. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Ko var pateikt par smaguma spēka un īkšķa radītajiem griezes momentiem, ja īkšķi kustina ļoti lēni?

– Kad smaguma spēka griezes moments ir vislielākais?

Tā kā riņķis tiek pārvietots ļoti lēnām, drīkst uzskatīt, ka sistēma katrā brīdi ir statiska un nav nekompensēta spēka un griezes momenta, kas radītu paātrinājumu. Tā kā sistēma ir līdzsvarā, arī griezes momenti ir līdzsvarā. Tā kā uz sistēmu darbojas tikai divi griezes momenti ap rādītājpirkstu, kuri ir pretēji, tiem jābūt līdzsvarā, tātad brīdī, kad smaguma spēka radītais griezes moments būs vislielākais, tad arī īkšķa radītais griezes moments būs vislielākais. Tā kā attālums starp īkšķi un sistēmas rotācijas centru (rādītājpirkstu), kā arī leņķis starp spēka virzienu un virzienu starp pirkstiem paliek nemainīgs, tad vislielākais griezes moments būs brīdī, kad reakcijas spēks īkšķim būs vislielākais.

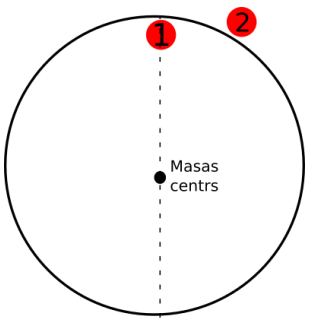


417. att.

Vislielākais griezes moments būs brīdī, kad attālums no riņķa masas centra līdz rotācijas asij būs vislielākais (**260(4).** un 417. attēls).

3. **Uzvedinošs jautājums:**

– Kuros no attēlotajiem stāvokļiem nav iespējams ar esošajiem spēkiem nodrošināt riņķa līdzsvaru?



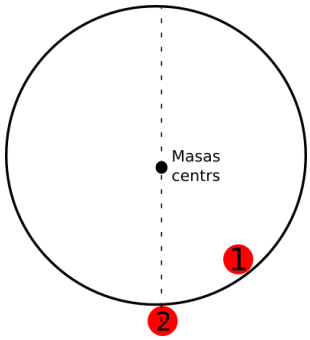
418. att.

Augšēja robeža: (260(6). un 418. attēls).

Augšējā robeža būs brīdī, kad masas centrs atradīsies tieši virs īkšķa, jo, ja tas pabīdītos kaut nedaudz tālāk, vairs neeksistētu spēks, kas varētu radīt pretēju griezes momentu gravitācijas spēkam, un riņķis nekontrolēti grieztos.

Zemākais punkts: (260(2). un 419. attēls).

Zemākais punkts būs brīdī, kad masas centrs atradīsies uz vienas taisnes ar rādītājpirkstu. Šī ir zemākā robeža, jo nav neviena griezes momenta, kas varētu pārvietot riņķi pa labi.



419. att.

4.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels ir riņķa sākuma ātruma attiecībā pret zemi?

– Ko var pateikt par riņķa masas centra ātrumu gadījumā, ja riņķis rotē bez slīdēšanas?

– Kā riņķa masas centra ātrums saistīts ar malējo punktu ātrumu?

Lai vieglāk atrisinātu uzdevumu, pāriesim atskaites sistēmā, kurā slīdošā lente nekustās attiecībā pret vingrošanas riņķi. Līdz ar to riņķa ātrums jaunajā atskaites sistēmā ir $v_o = v_r + v_c = 2 + 1 = 3$ m/s.

Lai ķermenis sāktu vienmērīgi ripot, tad tam ir jāsasniedz neizslīdēšanas nosacījums, jeb brīdis, kad masas centrs pārvietojas tik pat ātri, cik ripojošā ķermeņa ārējā mala $v = \omega R$.

Uz ķermeni x ass virzienā darbojas tikai berzes spēks $F = \mu mg$.

Tā kā berzes spēks ir vienīgais spēks, kas ir nobīdīts no masas centra, tas ir vienīgais spēks, kas radīs griezes momentu attiecībā pret masas centru $M = FR = \mu mgR$.

Pielietojot otro Ņūtona likumu rotācijas formā ($M = I\varepsilon$), iegūstam, ka $\varepsilon = \frac{M}{I} = \frac{\mu mgR}{mR^2} = \frac{\mu g}{R}$

Izmantojot leņķiskā ātruma vienādojumu, iegūstam $\omega = \omega_0 + \varepsilon t = \frac{\mu g t}{R}$

Aplūkosim masas centra kustību. Vienīgais spēks x ass virzienā ir berzes spēks $F = \mu mg$

Berzes spēks rada masas centra paātrinājumu $a = \mu g$.

Ātruma vienādojums masas centram ir $v = v_0 - at = v_0 - \mu g t$

Ievietojot visas izteiksmes sākuma vienādojumā, iegūstam, ka $v = \omega R \rightarrow v_0 - \mu g t = \frac{\mu g t R}{R} \rightarrow$

$v_0 = 2\mu g t \rightarrow t = \frac{v_0}{2\mu g} = \frac{3}{2 \cdot 0{,}2 \cdot 10} =$ **0,75 s**

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kā var aprēķināt rotējošā ķermeņa kinētisko enerģiju?

– Cik liela ir riņķa kinētiskā enerģija attiecībā pret skrejceliņa virsmu sākumā un beigās (kad riņķis vairs neslīd gar virsmu)?

– Kā šo enerģiju izmaiņa ir saistīta ar berzes spēka darbu?

Berzes spēka paveiktais darbs būs vienāds ar kinētiskās enerģijas starpību starp sākuma stāvokli un beigu stāvokli, un tas nav atkarīgs no atskaites sistēmas izvēles. Tāpēc iesākumā apskatīsim enerģijas izmaiņu kustīgā sistēmā. Kinētiskā enerģija sākumā $E_s = \frac{mv_0^2}{2}$.

Masas centra ātrums beigās $v = v_0 - at = v_0 - \frac{\mu g v_0}{2\mu g} = v_0 - \frac{v_0}{2} = \frac{v_0}{2}$

Rotācijas ātrums diskam $\omega = \omega_0 + \varepsilon t = \frac{\mu g t}{R} = \frac{\mu g v_0}{2\mu g R} = \frac{v_0}{2R}$

Ņemot vērā, ka beigās riņķis atrodas gan virzes kustība, gan rotācijas kustībā, tā pilna kinētiskā enerģija ir

kinētiskā enerģija beigās $E_b = E_v + E_r = \frac{m(\frac{v_0}{2})^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{mv_0^2}{8} + \frac{mR^2v_0^2}{8R^2} = \frac{mv_0^2}{4}$

Berzes spēka veiktais darbs ir $A = E_s - E_b = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_0^2}{4} = \frac{mv_0^2}{4}$

Tālāk apskatīsim enerģiju Zemes atskaites sistēmā.

Ātrums zemes atskaites sistēmā $v_r = v_0 - v_c$

Tā kā šajā gadījumā $v_r = -v_c$, tad $v_r = \frac{v_0}{2}$

Zemes atskaites sistēmā sākotnējā enerģija ir $E_{ZAS} = \frac{m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2}{2} = \frac{mv_0^2}{8}$

Enerģijas un darba attiecība

$$\frac{\frac{mv_0^2}{8}}{\frac{mv_0^2}{4}} = \mathbf{0{,}5}$$

jeb berzes spēka veiktais darbs ir divas reizes lielāks par sākotnējo kinētisko enerģiju. Un objekta beigu rotācijas kinētiskā enerģija ir vienāda ar sākotnējo translācijas kinētisko enerģiju.

C Iepriekšējā (4B) jautājuma risinājumā tika iegūts, ka objekta beigu ātrums celiņa atskaites sistēmā būs puse no sākuma ātruma. Lai ar zemi saistītajā atskaites sistēmā objekta beigu ātrums būtu vienāds ar nulli, celiņa atskaites sistēmā tam jābūt vienādam ar celiņa virsmas ātrumu – 1 m/s. No kā var secināt, ka celiņa atskaites sistēmā riņķa sākuma ātrumam jābūt $v_0 = 2 \cdot 1 = 2$ m/s. Pārejot atpakaļ uz ar zemi saistīto atskaites sistēmu, iegūst: $v = v_0 + v_c = 2 + (-1) = \mathbf{1}\ \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Mijiedarbība un spēki – smaguma spēks, balsta reakcijas spēks (jautājumi 1., 2., 3.), ķermeņu līdzsvara nosacījums (jautājumi 1., 2., 3.), spēka moments (jautājumi 1., 2., 3.), berzes spēks (jautājums 4A), 2.Ņūtona likums (jautājums 4A), 2.Ņūtona likums rotācijas kustībai (jautājums 4A).
- Ķermeņu kustība – virzes (translācijas) un rotācijas kustības lineārais ātrums, leņķiskais ātrums, leņķiskais paātrinājums (jautājumi 4A, 4B), ātrumu saskaitīšana (jautājumi 4A, 4C).
- Enerģija un impulss – virzes un rotācijas kustībā esošā ķermeņa kinētiskā enerģija (jautājums 4B), berzes spēka darbs (jautājums 4B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1., 2., 3., 4A, 4B);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 4A, 4B);
- apraksta kustību, izmantojot kustības raksturlielumus (jautājumi 4A, 4B, 4C);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājums 4A);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājums 4B);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (attēli, vienādojumi, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 1., 2., 3., 4A).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- apraksta, veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1., 4C;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, klasificē, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista – jautājumi 2., 3.;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – jautājumi 4A, 4B.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jādemonstrē vairākas prasmes: noteikt spēkus, kas aprakstītajā situācijā darbojas uz ķermeni, to pielikšanas punktus un darbības virzienus, analizēt ķermeņu līdzsvara nosacījumus, izprast spēka momenta jēdzienu; aplūkojot kustību, pāriet citā inerciālajā atskaites sistēmā. Jāprot sastādīt kustības vienādojumus rotējošam ķermenim, analizēt ķermeņa salikto (virzes plus rotācijas) kustību. Pielietot otro Ņūtona likumu gan virzes, gan rotācijas kustības gadījumā. Jāpielieto zināšanas par cietā ķermeņa rotāciju, kas pārsniedz skolas standartu: leņķiskā ātruma vienādojums, otrais Ņūtona likums rotācijai kustībai, rotācijas kustībā esošā ķermeņa kinētiskā enerģija.

V2020-11-2. GĀZES PARAMETRU MĒRTRAUKS

1.

A Iekšējam cilindram $V_i = \pi r^2 \cdot 0{,}5H$, ārējam cilindram

$$V_{\bar{a}} = (\pi R^2 - \pi r^2) \cdot 0{,}5H$$

$$\frac{V_i}{V_{\bar{a}}} = \frac{r^2}{R^2 - r^2} = \mathbf{0{,}010}$$

B1 $p(h) = \rho h g + p_{atm}$, tad skaitliskās vērtības: $a = \rho g = 1000 \cdot 10 = \mathbf{10^4}$, $b = p_{atm} = \mathbf{10^5}$

Veiksim piedāvāto atbilžu variantu mērvienību dimensionālo analīzi.

Koeficients $[a] = \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right] = \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2}\right]$.

Pārbaudīsim, kuru no piedāvātiem atbilžu variantiem var pārveidot, iegūstot šo mērvienību.

$$\left[\frac{\text{J}}{\text{m}^4}\right] = \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}^4}\right] = \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^4}\right] = \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2}\right]$$

Tātad, koeficienta a mērvienība ir $\mathbf{\frac{J}{m^4}}$.

Veiksim piedāvāto atbilžu variantu mērvienību dimensionālo analīzi koeficientam b. Acīmredzami, ka a un b koeficientu mērvienības nesakrīt, jo, lai iegūtu koeficienta b mērvienību, koeficienta a mērvienība būtu jāreizina ar metriem. Tāpēc pirmo no atbilžu variantiem, J/m^4 var atmest. Koeficients b ir atmosfēras spiediens, ko mēra paskālos, bet $\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$, tāpēc atbilde N/m neder. Nākamais piedāvātais atbilžu variants $\frac{\text{Pa} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$, arī neder, jo nav iespējams pārveidot m un s^2 tā, lai tie saīsinātos. Pārbaudīsim nākamo atbilžu variantu:

$$\mathbf{\frac{J \cdot Pa \cdot s^2}{kg \cdot m^2}} = \left[\text{N} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}\right] = \frac{\text{J} \cdot \text{Pa}}{\text{N} \cdot \text{m}} = [\text{J} = \text{N} \cdot \text{m}] = \frac{\text{J} \cdot \text{Pa}}{\text{J}} = \text{Pa}$$

Tātad šīs variants ir pareizs. Pēdējais no piedāvātajiem atbilžu variantiem, bar, arī ir spiediena mērvienība, bet tad b koeficienta vērtībai būtu jābūt vienādai ar 1, kas ir pretrunā ar uzdevuma nosacījumu, ka vienādojums *p*(*h*) = *ah* + *b* apraksta spiedienu ārējā cilindrā *paskālos.*

B2 Uzvedinoši jautājumi:

– Kā gaisa temperatūras pieaugums ārējā cilindrā ietekmē gaisa spiedienu un tilpumu?

– Kā spiediena izmaiņa ārējā cilindrā saistīta ar ūdens staba augstumu caurulītē?

– Kā ūdens staba augstuma izmaiņa caurulītē ir saistīta ar ūdens līmeņa izmaiņu ārējā cilindrā?

Iepriekšējā jautājuma risinājumā teikts, ka (1.) $p_{\bar{a}} = \rho g h + p_{atm}$, kur h ir ūdens staba augstums caurulītē, $p_{\bar{a}}$ ir gaisa spiediens ārējā cilindrā.

Pēc ideālas gāzes stāvokļa vienādojuma

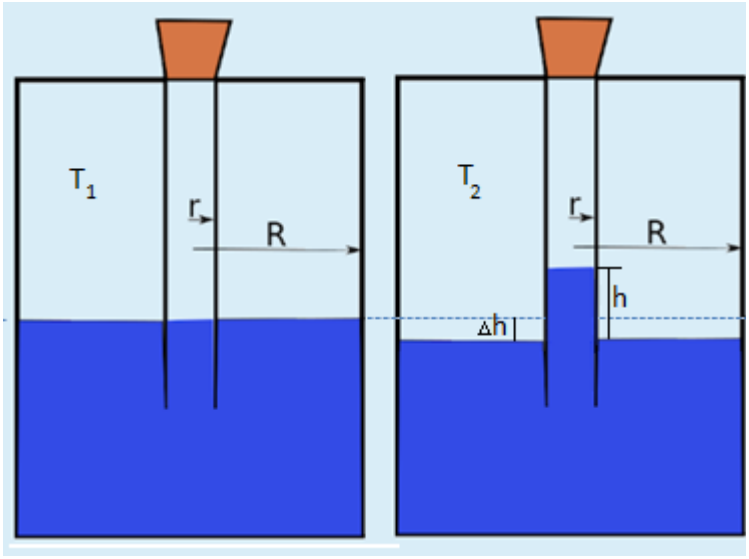
$$\frac{p_{atm}V_1}{T_1} = \frac{p_{\bar{a}}V_2}{T_2} \Rightarrow$$

spiediens

$$p_{\bar{a}} = \frac{p_{atm}V_1T_2}{T_1V_2} \qquad (2.)$$

kur V_2 ir gaisa tilpums ārēja cilindrā pēc sildīšanas.

$$V_2 = \pi(R^2 - r^2)(0{,}5H + \Delta h) \qquad (3.)$$



420. att.

Mēs arī zinām, ka ūdens tilpumu izmaiņa starp ārējo cilindru un caurulīti ir vienāda:

$$S_{\bar{a}}\Delta h = S_c(h - \Delta h),$$

kur h – ūdens staba līmenis caurulītē, kas tiek mērīts pret ūdens līmeni ārējā cilindrā (sk. 420. attēlu).

Iegūstam, ka $\Delta h = \frac{hS_c}{S_c + S_a}$

Ievērojot, ka $S_{\bar{a}} = \pi(R^2 - r^2)$ un $S_c = \pi r^2$, iegūst:

$$\Delta h = \frac{hr^2}{R^2} \qquad (4.)$$

Ievietojot vienādojumā (1.) sakarības (2.), (3.), (4.) un atceroties, ka $V_1 = \pi(R^2 - r^2) \cdot 0{,}5H$, iegūst, ka:

$$\frac{0{,}5H}{(0{,}5H + \frac{r^2}{R^2}h)}\frac{T_2}{T_1}p_{atm} = \rho h g + p_{atm}$$

Ievietojot šajā izteiksmē uzdevumā dotās skaitliskās vērtības un veicot algebriskus pārveidojumus, iegūst kvadrātvienādojumu attiecībā pret h:

$0{,}001h^2 + 0{,}06h - 0{,}017241 = 0$

Atrisinot vienādojumu, iegūst, ka ***h* = 0,286 m**

Daļējs atrisinājums: ja neņem vērā gāzes tilpuma izmaiņu ārējā cilindrā, tad $p_{\bar{a}} = \rho h g + p_{atm}$ var pārrakstīt $\frac{T_2}{T_1}p_{atm} = \rho h g + p_{atm}$ un $h = p_{atm}\left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right)\rho g = 0{,}345$ m.

C Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels tilpums caurulītē vēl jāaizpilda ar ūdeni?

– Kāds būs ūdens staba līmenis caurulītē *h* attiecībā pret ūdens līmeni ārējā cilindrā?

Izejot no sākumā definētajiem apstākļiem, lai aizpildītu visu iekšējo cauruli, ūdenim vēl jāaizpilda augstums $h_{\text{ūdens}} = \frac{1}{2}H$, tātad tilpums $V = \frac{1}{2}HS_c = \Delta h S_{\text{ā}}$, jo tas arī būs vienāds ar tilpuma izmaiņu ārējā traukā, no kurienes $\Delta h = \frac{HS_c}{2S_{\text{ā}}}$

$$\begin{matrix} S_{\text{ā}} = \pi(R^2 - r^2) \\ S_c = \pi r^2 \end{matrix} \Rightarrow \Delta h = \frac{HS_c}{2S_{\text{ā}}} = \frac{Hr^2}{2(R^2 - r^2)}$$

Spiediens ārējā cilindrā mainās atbilstoši likumam:

$p_{\text{ā}} = \rho h g + p_{atm}$, kur *h* ir ūdens staba augstums virs ārējā cilindra ūdens līmeņa.

$h = \frac{1}{2}H + \Delta h = \frac{1}{2}H\frac{R^2}{R^2 - r^2}$, tad $p_{\text{ā}} = \rho g \frac{1}{2}H\frac{R^2}{R^2 - r^2} + p_{atm}$

Gāzes aizņemtais tilpums būs

$V_2 = \pi(R^2 - r^2)\left(\frac{1}{2}H + \Delta h\right) = \pi\frac{1}{2}HR^2$, $V_1 = \pi(R^2 - r^2)\frac{1}{2}H \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{R^2}{R^2 - r^2}$

un temperatūrai tad jābūt $T_2 = \frac{p_{\text{ā}}V_2T_1}{p_{atm}V_1} = \frac{\left(\rho g\frac{1}{2}H\frac{R^2}{R^2 - r^2} + p_{atm}\right)\frac{R^2}{R^2 - r^2}T_1}{p_{atm}} = \mathbf{307{,}69\ K}$

2.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kā, modelējot korķi kā absolūti elastīgu ķermeni, var sasaistīt berzes spēku ar elastības spēku un Junga moduli?

– Kādi spēki darbojas uz korķi?

– Kādi spēki jāpārvar, lai izkustinātu korķi?

Berzes spēku var atrast, apskatot korķi kā atsperes modeli: $F_b = \mu N$, kur $N = k\Delta L$.

ΔL ir kopējais garums, par ko saspiests korķa diametrs, $k = \frac{ES}{L}$, šeit $S = 2\pi rx$, kas ir korķa un caurulītes saskarsmes laukums, *L* ir sākotnējais korķa diametrs, μ – miera berzes koeficients.

$F_b = \frac{\mu\Delta LE2\pi rx}{L} = \mathbf{1060\ N}$ (lai iekļautu arī vērtību, kur laukuma aprēķinam tiek izmantots gumijas garums saspiestā stāvoklī, tad berzes spēks sanāk $\boldsymbol{F_b = 960\ \text{N}}$, arī šī atbilde tika pieņemta kā pareizā).

Lai noteiktu, kāda ir minimālā spiediena vērtība cilindrā, lai korķis izkustētos, jāsaprot, kādi spēki darbojas uz korķi. Gāze caurulītē rada uz korķi spiediena spēku *F*, vēl darbojas berzes spēks F_{b}, atmosfēras spiediena spēks F_{a} un gravitācijas spēks F_{g} (jāatzīmē, ka gravitācijas spēka ietekme ir niecīga).

$$p_{min} = \frac{F_b + F_{atm}}{S}$$

Tad vajadzīgais spiediens ir

$$p_{min} = \frac{\frac{\mu\Delta LE2\pi rx}{L} + p_{atm}\pi\frac{L^2}{4}}{\pi r^2} = \frac{1060 + 785}{\pi 0{,}05^2} = \mathbf{2{,}35 \cdot 10^5\ Pa}$$

Ja izmanto $F_b = 960$ N, tad sanāk $p_{min} = \mathbf{2{,}22 \cdot 10^5\ Pa}$

Ja apskata manometrisko spiedienu (spiediena pieaugumu attiecībā pret atmosfēras spiedienu), tad iegūst vērtības atbilstoši **$1{,}35 \cdot 10^5$ Pa** un **$1{,}22 \cdot 10^5$ Pa**. Vērtējot olimpiāžu dalībnieku sniegumu, visas četras risinājumā pieminētās spiediena vērtības tika ieskaitītas kā pareizās.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi ir gaisa parametri caurulītē sākumā aprakstītajā situācijā?

– Kā var sasaistīt gāzes darbu ar korķim piešķirto kinētisko enerģiju?

– No kā ir atkarīgs berzes spēks? Kāda ir berzes spēka maksimālā vērtība?

1) $n = \frac{pV}{RT}$

$$V = \pi r^2 h = 3{,}141 \cdot 0{,}05^2 \cdot 0{,}5 \approx 3{,}9 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3$$

$$n = \frac{10^5 \cdot 3{,}9 \cdot 10^{-3}}{8{,}31 \cdot 290} = \mathbf{0{,}163\ mol}$$

2) Adiabātiskā procesā nenotiek siltuma apmaiņa ar apkārtējo vidi, $\Delta U = -A$ un $A = F\Delta x$.

Iepriekš aprēķinātā spiediena *p* un iekšējā cilindra šķērsgriezuma laukuma *S* reizinājums ir spēks, kas veic darbu *A*.

Adiabātiskā procesā vienādojums: $pV^\gamma = const$

Tilpums pieaug par $\Delta V = \Delta x S = 7{,}854 \cdot 10^{-5}$ m^3, tad izmaiņa $\frac{\Delta V}{V} = 0{,}02$, arī spiediens izmainās ļoti maz, jo $pV^\gamma = const$, tātad, var uzskatīt, ka procesā spiediens ir konstants un gāzes veiktais darbs būs

$$A = p\Delta V = 2{,}35 \cdot 10^5 \cdot 7{,}854 \cdot 10^{-5} = \mathbf{18{,}457\ J}$$

Var spriest savādāk: gāzes veiktais darbs tiek patērēts berzes spēka pārvarēšanai un kinētiskās enerģijas paaugstināšanai. Berzes spēka veiktais darbs ir $A_b = \int F_b(x)dx$, jeb laukums zem grafika $F_b(x)$. Tas ir vienāds ar taisnleņķa trīsstūra laukumu $A_b = \frac{F_{bk}x}{2}$ (šeit $F_{bk} = \frac{F_b\mu_k}{\mu_m}$ un x ir atbilstošo lielumu maksimālās vērtības, μ_k slīdes berzes koeficients, μ_m miera berzes koeficients. Berzes spēks ir proporcionāls normālās reakcijas spēkam, kas, savukārt, ir atkarīgs no korķa un caurulītes saskarsmes laukuma, korķim slīdot gar caurules sienu, saskarsmes laukums samazinās).

Rezultātā gāzes veiktais darbs ir $A = \frac{F_b\mu_k x}{2\mu_m} + \frac{mv^2}{2} = \mathbf{4{,}34\ J}$ vai $A = \mathbf{4{,}01\ J}$

Tātad, gāzes darbu korķa izspiešanā no cilindra var izrēķināt divos dažādos veidos:

$A = p\Delta V = \int F_b(x)dx + \Delta E_k$. Diemžēl, šie rezultāti nav vienādi. Tāpēc arī tika pieņemtas vairākas pareizās atbildes.

3) Divatomu gāzei $\Delta U = \frac{5}{2}nR\Delta T$, kur $\Delta T = \frac{2\Delta U}{5nR} = \frac{2}{5} \cdot \frac{18{,}457}{0{,}163 \cdot 8{,}314} = \mathbf{5{,}448\ K}$ (vai **1,18 K** vai **1,28 K**, ja izmanto citu izrēķināto darba vērtību).

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Šķidrumu un gāzu mehāniskās īpašības – hidrostatiskais spiediens, atmosfēras spiediens (jautājumi 1B/1, 1B/2, 1C).
- Gāzu likumi – ideālās gāzes stāvokļa vienādojums (jautājumi 1B/2, 1C, 2B/1).
- Siltums un darbs – adiabātisks process (jautājums 2A), gāzes darbs un iekšējā enerģija (jautājumi 2B/2 un 2B/3).
- Mijiedarbība un spēki – berzes spēks, elastības spēks, Junga modulis (jautājums 2A), cieta ķermeņa spiediens uz virsmu (jautājums 2A).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1A);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājums 1B/1);
- veic lielumu dimensionālo analīzi (jautājums 1B/1);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 1A, 1B/2, 1C);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1B/1, 1B/2, 1C, 2A, 2B);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājums 2B/1);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (attēli, vienādojumi, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 1A, 1B/2).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1A, 1B/1, 2B/1;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 1C, 2B/3;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – jautājumi 1B/2, 2A, 2B/2.

Uzdevuma risināšanas gaitā skolēnam jāparāda izpratne par spiediena mērvienību savstarpējo saistību, jāsaprot Junga moduļa būtība un saistība ar elastības spēku, jāanalizē spēki, kas aprakstītajā situācijā darbojas uz ķermeni, jāizvērtē to nozīme uzdevuma kontekstā.

Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, izteikt lielumus, sastādīt fizikālo procesu matemātiskos modeļus, analizēt sastādīto modeļu robežnosacījumus, novērtēt fizikālo lielumu maiņas diapazonu atkarībā no uzdevumā aprakstītās situācijas, veikt iegūto sakarību matemātiskus pārveidojumus.

Viena uzdevuma jautājuma atrisinājumā izmantota integrēšana, bet tiek piedāvāts arī alternatīvais atrisinājums, tāpēc arī skolēni, kuri nezina, kas ir integrēšana, arī var tikt galā ar uzdevuma atrisinājumu.

V2020-11-3. SVĀRSTĪGIE LĀDIŅI

1.

A Svārstību periods $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, no kurienes $L = g\frac{T_0^2}{4\pi^2}$, L = **57 cm**

B Uzvedinošs jautājums

– Kādi spēki darbojas uz svārstā iekārtu lodīti?

Pāreja notiks, kad spēks, ar kādu elektriskais lauks darbojas uz lodīti $F_e = qE$ kļūs vienāds ar smaguma spēku $F_g = mg$. Pielīdzinot un izsakot *E*, iegūstam: $E = \frac{g}{q/m} = 5\ \frac{\text{kV}}{\text{m}}$

C Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki darbojas uz svārstā iekārtu lodīti? Cik liels ir šo spēku kopspēks?

Smaguma spēks $F_g = mg$, elektriskā lauka spēks $F_e = qE$, tie darbojas pretējos virzienos, turklāt 265. (b) attēlā $F_e > F_g$. Var ieviest efektīvā brīvās krišanas paātrinājuma ($g*$) jēdzienu:

$g* = \frac{1}{m}|mg - qE| = g\left|1 - \frac{qE}{mg}\right|$.

Svārstību periods bez elektriskā lauka $T_o = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, ar elektrisko lauku $T_a = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_*}} = T_0\left|1 - \frac{qE}{mg}\right|^{-\frac{1}{2}}$. Izsakot elektriskā lauka intensitāti *E*, iegūstam $E = \frac{g}{\frac{q}{m}}\left(1 \pm \frac{T_a^2}{T_0^2}\right)$, kur mīnuss zīme atbilst E_a un plus zīme atbilst E_b.

E_a = **3,75** $\frac{\text{kV}}{\text{m}}$, E_b = **6,25** $\frac{\text{kV}}{\text{m}}$

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki darbojas uz svārstā iekārtu lodīti?

– Ko var pateikt par šo spēku komponentēm vertikālajā un horizontālajā virzienos?

Ja svārsts atrodas līdzsvarā, tām pielikto spēku horizontālās komponentes ir vienādas: $qE = F_s sin\varphi$.
Līdzīgi arī vertikālajam virzienam: $mg = F_s cos\varphi$ (F_s – diega sastiepuma spēks)
Izdalot pirmo vienādojumu ar otro, lai izslēgtu sastiepuma spēku F_s, iegūst $tan\varphi = \frac{qE}{mg}$.

φ = **21,8°**

E Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi spēki darbojas uz svārstā iekārtu lodīti? Cik liels ir šo spēku kopspēks?

Smaguma spēks $F_g = mg$ un elektriskā lauka spēks $F_e = qE$ darbojas perpendikulārajos virzienos, tāpēc to kopspēku nosaka, izmantojot Pitagora teorēmu: $F^2 = (mg)^2 + (qE)^2$. Ieviešot efektīvo brīvās krišanas paātrinājumu $g * = \frac{1}{m}F = g\sqrt{1 + \frac{q^2E^2}{m^2g^2}}$, svārstību periods: $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_*}} = T_0\left(1 + \frac{q^2E^2}{m^2g^2}\right)^{\frac{1}{4}}$.

T = **1,445 s**

2.

A Uzvedinošs jautājums:

– Kā mainās lodes kinētiskā enerģija, tai kustoties no viena kondensatora klājuma pie otra?

Elektriskā lauka intensitāte $E = \frac{U}{d} = 400\ \frac{\text{kV}}{\text{m}}$
Kondensatora kapacitāte $C = \varepsilon_0\frac{S}{d} = 17{,}8\ \text{pF}$
Kondensatora lādiņš $Q = CU = 35{,}6\ \text{nC}$
Lodes lādiņš $q = \alpha Q = 0{,}177\ \text{nC}$.

Sadursmēs ar kondensatora klājumiem mainās lodes ātrums, starp sadursmēm ar kondensatora klājumiem lode tiek paātrināta elektriskajā laukā. Kinētiskās enerģijas zudumi, lodei atlecot no klājuma, tiek kompensēti ar elektriskā spēka darbu. Pierakstīsim enerģijas nezūdamības likumu aprakstītai situācijai:

$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + qEd$ (1.)

Zināms, ka $\frac{v_1}{v_2} = \beta \Rightarrow v_2 = \beta v_1$
Izsakot v_1 *no* (1.), iegūst:
$v_1 = \sqrt{\frac{2qEd}{m(1-\beta^2)}}$.

Tā kā elektriskais lauks starp klājumiem ir homogēns, lodes iegūtais paātrinājums ir konstants, tas nozīmē, ka vidējam ātrumam drīkst izmantot vienmērīgi paātrinātas kustības sakarību:

vidējais ātrums $\bar{v} = \frac{1}{2}(v_1 + v_2) = \frac{1}{2}v_1(1+\beta) = \sqrt{\frac{qEd(1+\beta)}{2m(1-\beta)}}$.

Atbilde: $\bar{v}$ = **20 mm/s**

B Uzvedinošs jautājums:

– Kā definē strāvas stiprumu?

Strāvas stiprums ir vienāds ar elektrisko lādiņu, kas laika vienībā izplūst caur vadītāja šķērsgriezuma laukumu: $I_{vid} = \frac{q}{t}$. Kustoties ar vidējo ātrumu $\bar{v}$, lode veic attālumu d laikā $t = \frac{d}{\bar{v}}$

Tātad, vidējā strāva $I_{vid} = \frac{q\bar{v}}{d} = 7{,}1 \cdot 10^{-10}$ A.

I_{vid} = 0,71 nA

C Uzvedinošs jautājums

– Kā mainās lodes ātrums pēc katras sadursmes?

Lodes ātruma izmaiņa pēc sadursmes ar kondensatora klājumu:

$\Delta v = v_2 - (-v_1) = 2\bar{v}$.

Svārstību periods: $T = \frac{2d}{\bar{v}}$

Vidējais spēks uz katru klājumu $F_{vid} = \frac{m\Delta v}{T} = \frac{qE(1+\beta)}{2(1-\beta)}$.

F_{vid}= 0,32 mN

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kāda ir sakarība starp spiedienu un kondensatora klājumu laukumu?

– Kāda ir sakarība starp „lodes gāzes“ tilpumu un klājumu laukumu?

Spiediens $p = \frac{\bar{F}}{S}$. Ņemot vērā, ka $E = \frac{U}{d}$, $C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$, $Q = CU$, $q = \alpha Q$, iegūst:

$p = \alpha\varepsilon_0 \frac{U^2}{d^2} \frac{1+\beta}{2(1-\beta)}$.

No tilpuma izteiksmes $V = Sd$ izsakot $d = \frac{V}{S}$, iegūst $pV^2 = \alpha\varepsilon_0 U^2 S^2 \frac{1+\beta}{2(1-\beta)} = const$

A = 1, B = 2

3. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kādi spēki darbojas uz svārstā iekārtu lodīti? Kāds ir šo spēku virziens?

– Kas mainās pēc katras lodes sadursmes ar kondensatora klājumu?

Pieskaroties pie katra klājuma, lode uzlādējas ar tādas pašas zīmes lādiņu un elektriskā spēka iedarbībā lido prom. **Kinētiskās enerģijas zudumi, lodei atlecot no klājuma, tiek kompensēti ar elektriskā lauka darbu**.

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Ķermeņu kustība – vienmērīgi paātrināta kustība, vidējais ātrums (jautājumi 2A, 2B, 2C).
- Mehāniskās svārstības un viļņi – diega svārsta periods un garums (jautājumi 1A, 1C, 1E).

- Elektriskie lādiņi un elektriskais lauks – Kulona likums, elektriskā lauka intensitāte (jautājumi 1B, 1C, 1D, 1E, 3.), plakņu kondensators (jautājums 2A), elektriskā lauka darbs (jautājums 2A).
- Mijiedarbība un spēki – smaguma spēks, kopspēks (jautājumi 1C, 1D, 1E, 3.), spēka spiediens (jautājums 2D).
- Enerģija un impulss – kinētiskā enerģija, enerģijas nezūdamības likums (jautājums 2A), ķermeņa impulsa izmaiņa sadursmēs (jautājums 2C).
- Līdzstrāva – strāvas stiprums (jautājums 2B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:
- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1B, 1C, 2D, 3.);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1A, 1B, 1C, 1E, 2A, 2B, 2C);
- analizē ķermeņu līdzsvara nosacījumus (jautājums 1D);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājums 2D);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1A, 1B, 1C, 1D, 2A, 2B, 2C, 2D);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājumi 1B, 1C, 1E, 2C);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājums 2A);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (attēli, vienādojumi, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 1B, 1C, 1D, 1E).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- definē, identificē, veic vienkāršu darbību – jautājums 1A;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, klasificē, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas, pielieto, formulē jautājumus – jautājumi 1B, 1C, 1D, 1E, 2A, 2B, 2C, 2D, 3.

Risinot šo uzdevumu, skolēnam jāparāda prasme kompleksi lietot zināšanas no dažādām fizikas tēmām, pielietojot tās piedāvātās situācijas analīzei. Jāparāda izpratne par elektriskā lauka raksturlielumiem (intensitāte, spriegums), elektriskās strāvas jēdzienu, jāpielieto un jāpārveido sakarības plakņu kondensatora parametru noteikšanai.

Jāanalizē spēki, kas aprakstītajā situācijā darbojas uz ķermeni, kā arī jāprot projicēt spēkus uz izvēlētajām asīm, noteikt kopspēku, izmantojot Pitagora teorēmu. Jāprot izmantot kalkulatoru trigonometriskās funkcijas.

12. klase

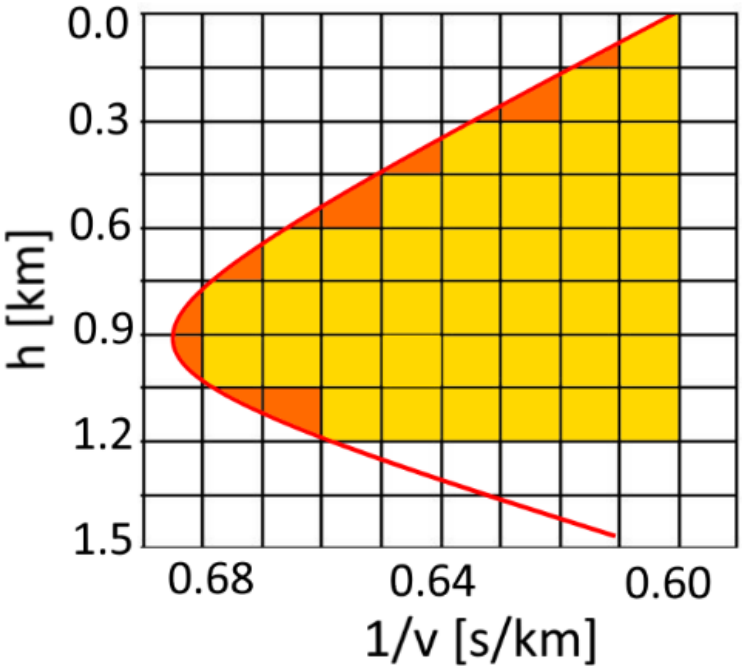
V2020-12-1. SKAŅA OKEĀNĀ

1. Skaņas kanāls atrodas aptuvenā dziļumā h = 0,9 km, tātad spiediens ir $p = \rho g h \approx$ **90 atm**, kur esam ignorējuši spiedienu jūras līmenī, jo spēja nolasīt precīzu slāņa dziļumu no grafika (267. att.) ir mazāka par 1%.

2. Momentānais ātrums ir $\mathrm{v} = \frac{\Delta h}{\Delta t}$, tātad laiks, kurā skaņa šķērso nelielu augstumu Δh, ir $\Delta t = \frac{1}{\mathrm{v}} \Delta h$, no kā var secināt, ka kopējais laiks, lai nokļūtu līdz ūdens virsmai, ir laukums zem v^{-1} grafika.

Katrs kvadrātiņš grafikā atbilst laika intervālam 1,5 ms (sareizinot iedaļu vērtības uz katras no asīm) un zem grafika līdz vērtībai v^{-1} = 0,6 s/km atrodas ≈ 45 kvadrāti = 0,07 s (iegūts no 41 pilnībā vai gandrīz pilnībā aizpildīta kvadrāta, kuri iekrāsoti dzeltenā krāsā, un 3-4 papildus kvadrātiem no daļēji aizpildītām

rūtiņām, kuras iekrāsotas oranžā krāsā, 421. attēls). Vēl jāpieskaita atlikušais laukums līdz v^{-1} = 0 s/km, kas dod laiku 0,6 s/km x 1,2 km = 0,72 s, tātad kopējais laiks ir t = 0,72 s + 0,07 s = **0,79 s**. Interesantā kārtā, vienkārši aptuvinot ceļu ar vidēju vērtību no grafika centra v^{-1} = 0,64 s/km, ir iegūstams ceļojuma laiks t' = **0,77 s**, kas ir diezgan tuvs patiesajam.



421. att.

3. Skaļruņa jauda ir $P = IU$ = 15 W, tātad pārveidotās skaņas signāla jauda būs $P_{sk} = \eta P = 0{,}3$ W. Signāla intensitāte ir $I = \frac{P_{sk}}{S} = 10^{-3}\ \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$, tātad $\beta = 10log_{10}\left(\frac{10^{-3}}{10^{-12}}\right)$ dB = **90 dB**.

4. **Uzvedinoši jautājumi:**
– Cik liels būs skaņas viļņa frontes laukums brīvas skaņas izplatīšanas gadījumā?
– Cik liels būs skaņas viļņa frontes laukums gadījumā, kad skaņa izplatīsies kanālā?

Brīvas izplatīšanās gadījumā skaņa vienmērīgi izplatās visos virzienos, tāpēc tās intensitātes atkarību no attāluma līdz avotam var aprēķināt pēc sakarības:

$$I_{brīvs} = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi L^2}$$

kur P ir avota jauda. Savukārt skaņas kanālā intensitāte būs $I_{kan} = \frac{xP}{2\pi dL}$, jo signāls izplatās pa cilindra sānu virsmu. No tā varam secināt, ka $\Delta\beta = 10log_{10}\left(\frac{2xL}{d}\right)$ = **13 dB**.

5. Uz čaulu darbojas gravitācijas spēks $F_g = mg$ un Arhimēda spēks $F_a = V\rho_{\text{ū}}g$, tātad, efektīvais smaguma spēks ir $mg_{eff} = F_g - F_a$

$mg_{eff} = mg - V\rho_{\text{ū}}g \Rightarrow g_{eff} = \frac{mg - V\rho_{\text{ū}}g}{m}$ (1.)

Lodes ārējais tilpums $V = \frac{4}{3}\pi R^3 \Rightarrow F_a = \frac{4}{3}\pi R^3\rho_{\text{ū}}g$

Lodes čaulas materiāla masa: $m = V_{\text{č}}\rho_{\text{č}} = \frac{4}{3}\pi[R^3 - (R-b)^3]\rho_{\text{č}}$

Ievietojot izteiksmē (1.) sakarības tilpuma un masas aprēķināšanai, iegūst:

$$g_{eff} = \frac{\frac{4}{3}\pi[R^3-(R-b)^3]\rho_č - \frac{4}{3}\pi R^3\rho_ū}{\frac{4}{3}\pi[R^3-(R-b)^3]\rho_č} g$$

$$g_{\text{eff}} = \left(1 - \frac{R^3}{R^3-(R-b)^3}\frac{\rho_ū}{\rho_č}\right) g \approx 0{,}0894\, g = \mathbf{0{,}88}\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

6. **Uzvedinoši jautājumi:**

– Kādu spēku iedarbībā notiek čaulas kustība?

– Kā var izteikt kopspēku, kas darbojas uz čaulu?

– Līdz kuram brīdim pieaugs čaulas ātrums? Cik lielu maksimālo ātrumu var sasniegt čaula?

– Kāda ir čaulas kustība pēc maksimālā ātruma sasniegšanas?

Šajā gadījumā $F = mg_{\text{eff}} - C\text{v}$, kas ir otrās pakāpes diferenciālvienādojums. To var atrisināt tuvināti ar pietiekamu precizitāti, izmantojot fizikāli pamatotus spriedumus. Ir skaidrs, ka, kamēr efektīvais smaguma spēks ir lielāks par ūdens pretestības spēku, lode paātrināsies līdz sasniegs maksimālo ātrumu: $\text{v}_{\text{max}} = \frac{mg_{\text{eff}}}{C} = 2{,}39\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, bet aptuveni kādu daļu no kopējā attāluma veic čaula šajā posmā?

Līdz maksimālā ātruma sasniegšanai čaula kustās ar mainīgu paātrinājumu, kura maksimālā vērtība ir g_{eff} (kustības sākumā), bet minimālā – nulle. Ja pieņemt, ka paātrinājums ir samazinājies vienmērīgi, var ieviest šī posma vidējo paātrinājumu $a_{vid} = 0{,}5g_{\text{eff}}$, tad

$$2a_{vid}L = \text{v}_{\text{max}}^2 \Rightarrow L = \frac{g_{\text{eff}}m^2}{C^2} = 6{,}5\ \text{m}$$

Tātad, čaula līdz maksimālā ātruma sasniegšanai veic ≈ 10 m attālumu, bet L << H = 900 m, tāpēc varam pieņemt, ka čaula visu ceļu pavada ar ātrumu v_{max} un tas aizņem laiku $t = \frac{H}{\text{v}_{\text{max}}} = 376\ \text{s} = \mathbf{6{,}3\ min}$

7. **Uzvedinošs jautājums:**

– Kā var pierakstīt laušanas likumu gaismas pilnīgās iekšējās atstarošanās gadījumā?

Pilnīgu iekšējo atstarošanos var raksturot ar Snelliusa likumu $n_1 sin\theta_1 = n_2 sin\theta_2$.

Pilnīgās iekšējās atstarošanās gadījumā $\theta_2 = 90^0$, tātad $sin\theta_1 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\text{v}_1}{\text{v}_2} = 0{,}95$ un $\theta_1 = 72^0$. Leņķis $\theta = 90^0 - \theta_1 = \mathbf{18^0}$. Lielākā daļa skaņas tomēr izbēg no kanāla!

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Šķidrumu un gāzu mehāniskās īpašības – hidrostatiskais spiediens (jautājums 1.), Arhimēda spēks (jautājums 5.).
- Ķermeņu kustība – ātrums, ceļš, laiks (jautājumi 2., 6.).
- Mijiedarbība un spēki – smaguma spēks, kopspēks, brīvās krišanas paātrinājums (jautājumi 5., 6.).
- Apgaismojums un attēli – pilnīgā iekšējā atstarošanās, Snelliusa likums (jautājums 7.).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 3., 4., 5., 6., 7.);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājums 5.);
- nolasa datus no grafika (jautājumi 1., 2.);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājums 5.);

- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1., 3., 4., 5., 6., 7.);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājumi 5., 6.);
- apraksta kustību, izmantojot kustības raksturlielumus (jautājums 6.);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (attēli, vienādojumi, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 2., 7.).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):
- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – 1., 2., 3., 5. jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista pielieto – 4., 7. jautājums;
- izvērtē, teoretizē, vispārina – 6. jautājums.

Risinot uzdevumu, skolēnam jāspēj brīvi orientēties dažādo fizikālo lielumu mērvienībās, mērogot lielumus, izvēloties situācijai atbilstošāko skalu (t.sk. decibelu). Novērtēt fizikālo lielumu sasvstarpējo sakarību (tiešā, apgrieztā proporcionalitāte). Jāanalizē spēki, kas aprakstītajā situācijā darbojas uz ķermeni, jāizvērtē to nozīme un izmaiņa uzdevuma kontekstā. Jāpielieto matemātikas zināšanas – darbības ar pakāpēm un logaritmiem, sfēras virsmas laukums, cilindra laukums, lodes un lodes čaulas tilpums. Daži uzdevuma punkti prasa spēju "domāt plašāk", saskatīt analoģijas starp dažādām fizikālām parādībām, dažos punktos jāparāda prasme izmantot fizikas zināšanas, lai spriestu par līdz šīm, iespējams, nezināmiem jautājumiem.

V2020-12-2. HOLA EFEKTA REAKTĪVAIS DZINĒJS

1.

A Uz elektronu šajā situācijā darbojas gan Kulona spēks, gan Lorenca spēks. Elektrona kustības virziens var palikt nemainīgs tikai pie nosacījuma, ka Lorenca spēka un elektriskā lauka spēka lielumi ir vienādi: $F_e = F_L$

q*E* = qv*B*, no kurienes $\mathrm{v} = \frac{E}{B} = \mathbf{1\,000\,000\ \frac{m}{s}}$

B Elektrona kinētiskā enerģija: $E = \frac{1}{2}m\mathrm{v}^2 = 4{,}55 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J} = \mathbf{2{,}84\ eV}$

C $E_{kin} = eU = \frac{1}{2}m\mathrm{v}^2 = 300\ \mathrm{eV} = \mathbf{4{,}8 \cdot 10^{17}\ J}$

Kinētiskā enerģija ir daudz lielāka, nekā elektronam iepriekšējā punktā:

$$\mathrm{v} = \sqrt{\frac{2Uq}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 300 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{\frac{0{,}131}{6{,}02 \cdot 10^{23}}}} = \mathbf{21\,000\ \frac{m}{s}}$$

D Uzvedinoši jautājumi:

– Kā noteikt paātrinājuma virzienu?

– Kādi spēki darbojas uz jonu?

– Kāda ir kopspēka ģeometriskā interpretācija?

Paātrinājuma virziens sakrīt ar kopspēka virzienu. Spēka komponenšu attiecība ir vienāda ar meklējamā leņķa tangensu:

$$\frac{F_B}{F_E} = \frac{qvB}{qE} = \frac{vB}{E} = \frac{15000 \cdot 0{,}01}{10000} = 0{,}015$$

$$\theta = \text{arctg}\, 0{,}015 = \mathbf{0{,}84^\circ}$$

2.

A Elektriskais lauks veic darbu jonu paātrināšanā, katram jonam piešķirot kinētisko enerģiju: $A_0 = Uq$. Dzinēja jauda $P = \frac{A}{t} = \frac{NUq}{t} \Longrightarrow t = \frac{NUq}{P}$

Dzinēja radītais reaktīvais spēks ir visu daļiņu impulsa izmaiņa laika vienībā,

tādējādi $F = \frac{Nmv}{t}$, kur iegūtais ātrums $v = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$ (sk.punkta 1C risinājumu)

$$F = \frac{Nm\sqrt{2Uq} \cdot P}{NUq} = P\sqrt{\frac{2m}{qU}} = \mathbf{0{,}19\ N}$$

Piezīme: risinājumā var izmantot ātruma vērtību v = 21000 m/s, kas tika aprēķināta Xe jonam iepriekšējā jautājumā. Ja lieto jaudas un ātruma sakarību, tad jāņem vidējais ātrums (v – ir jonu ātrums paātrinājuma beigās): $P = F\frac{v}{2}$.

B Daļiņu skaitu var izteikt no dzinēja jaudas: $P = \frac{A}{t} = \frac{NUq}{t} \Longrightarrow N = \frac{Pt}{Uq}$

Minūtē patērētā ksenona masa:

$$M = Nm = \frac{mPt}{Uq} = \frac{0{,}131}{6{,}02 \cdot 10^{23}} \cdot 2000 \cdot \frac{60}{300 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} = 0{,}000544\ \text{kg} = \mathbf{0{,}544\ g}$$

Var spriest arī savādāk, iegūstot masas izmaiņas ātrumu no spēka kā impulsa izmaiņas ātruma:

$$F = \frac{v\Delta m}{\Delta t}$$

$$M = \frac{Ft}{v} = \frac{0{,}19 \cdot 60}{21000} = \mathbf{0{,}544\ g}$$

C No 2A jautājuma atrisinājumā iegūtās spēka izteiksmes $F = P\sqrt{\frac{2m}{qU}}$ redzams, ka tas ir proporcionāls viena jona masas kvadrātsaknei, tādēļ prasītā spēku attiecība $\frac{F_{Ar}}{F_{Xe}} = \sqrt{\frac{m_{Ar}}{m_{Xe}}} = \mathbf{0{,}552}$

3. *(Skaidrojums tika izmantots, lai interpretētu skolēnu iesniegtās skaitliskās atbildes iepriekšējā jautājumā)*

4. Dzinēja darbības laiks $t = \frac{m_{Xe}}{M} = \frac{1000\text{g}}{10\text{g/min}} = 100\ \text{min} = 6000\ \text{s}$

$$F = \frac{m\Delta v}{t} \Rightarrow \Delta v = \frac{tF}{m} = \frac{6000 \cdot 0{,}5}{260} = \mathbf{11{,}5\ \frac{m}{s}}$$

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Elektriskie lādiņi un elektriskais lauks – elektriskā lauka intensitāte, Kulona spēks (jautājumi 1A, 1D), elektriskā lauka darbs (jautājumi 1C, 2A, 2B).
- Elektromagnētisms – Lorenca spēks (jautājumi 1A, 1D).
- Mijiedarbība un spēki – Ņūtona likumi (jautājums 1A), kopspēks (jautājums 1D).

- Enerģija un impulss – kinētiskā enerģija (jautājumi 1B, 1C, 2A), spēka impulss (jautājumi 2A, 4.), jauda (jautājumi 2A, 2B).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1D, 2C, 4.);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājumi 1B, 1C, 2A, 2B, 4.);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 1D);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1A, 1B, 1C, 1D, 2A, 2B, 4.);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājumi 1C, 2A);
- analizē kustību, izmantojot spēkus un to sakarības (jautājumi 1D, 2A).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 2C, 4. jautājums;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, sarindo, klasificē, analizē, redz kā daļu no veselā, sasaista, saskata analoģijas, pielieto, formulē jautājumus – 1D jautājums.

Piedāvātais uzdevums ir viens no vieglākajiem trešā posma fizikas olimpiādes uzdevumiem 12. klases skolēniem, tajā nav sarežģītu izteiksmju pārveidojumu, uz daudziem jautājumiem iespējams atbildēt, uzmanīgi lasot piedāvāto informāciju un prasmīgi izmantojot fizikas formulu lapu.

Jāprot izteikt enerģiju elektronvoltos, novērtēt jonu masu pēc informācijas elementu periodiskajā tabulā. Jāpielieto prasme veidot un analizēt aprakstītai situācijai atbilstošus matemātiskos modeļus, pielietot matemātikas zināšanas (trigonometriskās sakarības taisnleņķa trijstūrī, vektora komponentes, kopspēka ģeometriskā interpretācija), izmantot kalkulatoru trigonometrisko funkciju un leņķu aprēķināšanai.

V2020-12-3. GĀZES PARAMETRU MĒRTRAUKS

1.

A Iekšējam cilindram $V_i = \pi r^2 \cdot 0{,}5H$, ārējam cilindram $V_{\bar{a}} = (\pi R^2 - \pi r^2) \cdot 0{,}5H \rightarrow$

$$\frac{V_i}{V_{\bar{a}}} = \frac{r^2}{R^2 - r^2} = \mathbf{0{,}010}$$

B1 $p(h) = \rho h g + p_{atm}$, tad skaitliskās vērtības: $a = \rho g = 1000 \cdot 10 = \mathbf{10^4}$, $b = p_{atm} = \mathbf{10^5}$

Veiksim piedāvāto atbilžu variantu mērvienību dimensionālo analīzi.

Koeficients $[a] = \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right] = \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2}\right]$.

Pārbaudīsim, kuru no piedāvātiem atbilžu variantiem var pārveidot, iegūstot šo mērvienību.

$$\left[\frac{\text{J}}{\text{m}^4}\right] = \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}^4}\right] = \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^4}\right] = \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2}\right]$$

Tātad, koeficienta a mērvienība ir $\mathbf{\frac{J}{m^4}}$.

Veiksim piedāvāto atbilžu variantu mērvienību dimensionālo analīzi koeficientam b. Acīmredzami, ka a un b koeficientu mērvienības nesakrīt, jo, lai iegūtu koeficienta b mērvienību, koeficienta a mērvienība

būtu jāreizina ar metriem. Tāpēc pirmo no atbilžu variantiem J/m^4 – var atmest. Koeficients b ir atmosfēras spiediens, ko mēra paskālos, bet $\mathrm{Pa} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$, tāpēc atbilde N/m neder. Nākamais piedāvātais atbilžu variants $\frac{\mathrm{Pa}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$, arī neder, jo nav iespējams pārveidot m un s^2 tā, lai tie saīsinātos. Pārbaudīsim nākamo atbilžu variantu:

$$\frac{\mathbf{J\cdot Pa\cdot s^2}}{\mathbf{kg\cdot m^2}} = \left[\mathrm{N} = \frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right] = \frac{\mathrm{J}\cdot\mathrm{Pa}}{\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}} = [\mathrm{J} = \mathrm{N}\cdot\mathrm{m}] = \frac{\mathrm{J}\cdot\mathrm{Pa}}{\mathrm{J}} = \mathrm{Pa}$$

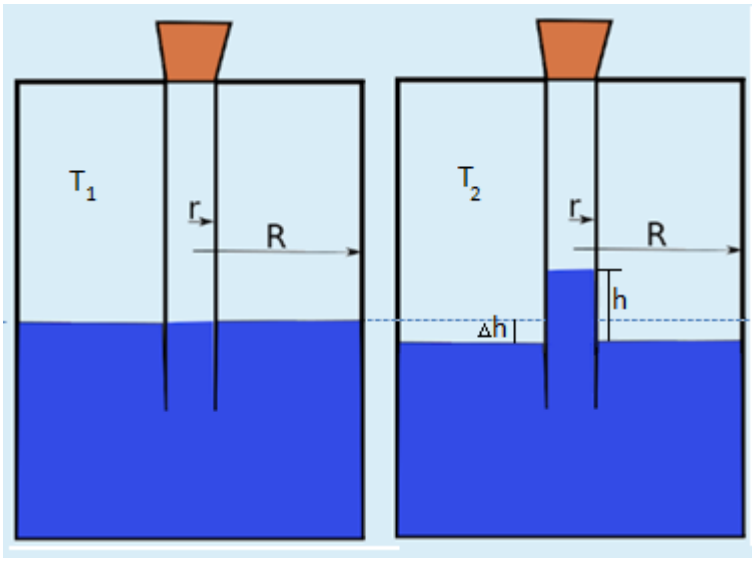
Tātad šīs variants ir pareizs. Pēdējais no piedāvātajiem atbilžu variantiem, bar, arī ir spiediena mērvienība, bet tad b koeficienta vērtībai būtu jābūt vienādai ar 1, kas ir pretrunā ar uzdevuma nosacījumu, ka vienādojums *p*(*h*) = *ah* + *b* apraksta spiedienu ārējā cilindrā <u>*paskālos.*</u>

B2. Uzvedinoši jautājumi

– Kā gaisa temperatūras pieaugums ārējā cilindrā ietekmē gaisa spiedienu un tilpumu?

– Kā spiediena izmaiņa ārējā cilindrā saistīta ar ūdens staba augstumu caurulītē?

– Kā ūdens staba augstuma izmaiņa caurulītē ir saistīta ar ūdens līmeņa izmaiņu ārējā cilindrā?



422. att.

Iepriekšējā jautājuma risinājumā teikts, ka (1.) $p_{\bar{a}} = \rho g h + p_{atm}$, kur *h* ir ūdens staba augstums caurulītē, $p_{\bar{a}}$ ir gaisa spiediens ārējā cilindrā.

Pēc ideālas gāzes stāvokļa vienādojuma
$\frac{p_{atm}V_1}{T_1} = \frac{p_{\bar{a}}V_2}{T_2} \Rightarrow$ spiediens $p_{\bar{a}} = \frac{p_{atm}V_1T_2}{T_1V_2}$ (2.)
kur V_2 ir gaisa tilpums ārēja cilindrā pēc sildīšanas.
$V_2 = \pi(R^2 - r^2)(0{,}5H + \Delta h)$ (3.)

Mēs arī zinām, ka ūdens tilpumu izmaiņa starp ārējo cilindru un caurulīti ir vienāda:

$$S_{\bar{a}}\Delta h = S_c(h - \Delta h),$$

kur *h* – ūdens staba līmenis caurulītē, kas tiek mērīts pret ūdens līmeni ārējā cilindrā (sk. 422. attēlu).

Iegūstam, ka $\Delta h = \frac{hS_c}{S_c + S_a}$

Ievērojot, ka $S_{\bar{a}} = \pi(R^2 - r^2)$ un $S_c = \pi r^2$, iegūst: $\Delta h = \frac{hr^2}{R^2}$ (4.)

Ievietojot vienādojumā (1.) sakarības (2.), (3.), (4.) un atceroties, ka $V_1 = \pi(R^2 - r^2)\cdot 0{,}5H$, iegūst, ka:

$$\frac{0{,}5H}{(0{,}5H + \frac{r^2}{R^2}h)}\frac{T_2}{T_1}p_{atm} = \rho h g + p_{atm}$$

Ievietojot šajā izteiksmē uzdevumā dotās skaitliskās vērtības un veicot algebriskus pārveidojumus, iegūst kvadrātvienādojumu attiecībā pret *h*:

$0{,}001h^2 + 0{,}06h - 0{,}017241 = 0$

Atrisinot vienādojumu, iegūst, ka ***h* = 0,286 m**

Daļējs atrisinājums: ja neņem vērā gāzes tilpuma izmaiņu ārējā cilindrā, tad $p_{\bar{a}} = \rho hg + p_{atm}$ var pārrakstīt $\frac{T_2}{T_1}p_{atm} = \rho hg + p_{atm}$ un $h = p_{atm}\left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right)\rho g = 0{,}345$ m.

C Uzvedinoši jautājumi:

– Cik liels tilpums caurulītē vēl jāaizpilda ar ūdeni?

– Kāds būs ūdens staba līmenis caurulītē *h* attiecībā pret ūdens līmeni ārējā cilindrā?

Izejot no sākumā definētajiem apstākļiem, lai aizpildītu visu iekšējo cauruli, ūdenim vēl jāaizpilda augstums $h_{\bar{u}dens} = \frac{1}{2}H$, tātad tilpums $V = \frac{1}{2}HS_c = \Delta hS_{\bar{a}}$, jo tas arī būs vienāds ar tilpuma izmaiņu ārējā traukā, no kurienes $\Delta h = \frac{HS_c}{2S_{\bar{a}}}$

$$\begin{matrix} S_{\bar{a}} = \pi(R^2 - r^2) \\ S_c = \pi r^2 \end{matrix} \Rightarrow \Delta h = \frac{HS_c}{2S_{\bar{a}}} = \frac{Hr^2}{2(R^2 - r^2)}$$

Spiediens ārējā cilindrā mainās atbilstoši likumam:

$p_{\bar{a}} = \rho hg + p_{atm}$, kur *h* ir ūdens staba augstums virs ārējā cilindra ūdens līmeņa.

$h = \frac{1}{2}H + \Delta h = \frac{1}{2}H\frac{R^2}{R^2 - r^2}$, tad $p_{\bar{a}} = \rho g\frac{1}{2}H\frac{R^2}{R^2 - r^2} + p_{atm}$

Gāzes aizņemtais tilpums būs

$V_2 = \pi(R^2 - r^2)\left(\frac{1}{2}H + \Delta h\right) = \pi\frac{1}{2}HR^2$, $V_1 = \pi(R^2 - r^2)\frac{1}{2}H \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{R^2}{R^2 - r^2}$

un temperatūrai tad jābūt $T_2 = \frac{p_{\bar{a}}V_2T_1}{p_{atm}V_1} = \frac{\left(\rho g\frac{1}{2}H\frac{R^2}{R^2 - r^2} + p_{atm}\right)\frac{R^2}{R^2 - r^2}T_1}{p_{atm}} =$ **307,69 K**

2.

A Uzvedinoši jautājumi:

– Kā, modelējot korķi kā absolūti elastīgu ķermeni, var sasaistīt berzes spēku ar elastības spēku un Junga moduli?

– Kādi spēki darbojas uz korķi?

– Kādi spēki jāpārvar, lai izkustinātu korķi?

Berzes spēku var atrast, apskatot korķi kā atsperes modeli: $F_b = \mu N$, kur $N = k\Delta L$.

ΔL ir kopējais garums, par ko saspiests korķa diametrs, $k = \frac{ES}{L}$, šeit $S = 2\pi rx$, kas ir korķa un caurulītes saskarsmes laukums, *L* ir sākotnējais korķa diametrs, μ – miera berzes koeficients.

$F_b = \frac{\mu\Delta LE2\pi rx}{L} =$ **1060 N** (lai iekļautu arī vērtību, kur laukuma aprēķinam tiek izmantots gumijas garums saspiestā stāvoklī, tad berzes spēks sanāk $\boldsymbol{F_b = 960}$ **N**, arī šī atbilde tika pieņēmta kā pareizā).

Lai noteiktu, kāda ir minimālā spiediena vērtība cilindrā, lai korķis izkustētos, jāsaprot, kādi spēki darbojas uz korķi. Gāze caurulītē rada uz korķi spiediena spēku F, vēl darbojas berzes spēks F_b, atmosfēras spiediena spēks F_a un gravitācijas spēks F_g (jāatzīmē, ka gravitācijas spēka ietekme ir niecīga).

$$p_{min} = \frac{F_b + F_{atm}}{S}$$

Tad vajadzīgais spiediens ir

$$p_{min} = \frac{\frac{\mu \Delta L E 2\pi r x}{L} + p_{atm}\pi\frac{L^2}{4}}{\pi r^2} = \frac{1060 + 785}{\pi 0{,}05^2} = \mathbf{2{,}35 \cdot 10^5\ Pa}$$

Ja izmanto $F_b = 960$ N, tad sanāk $p_{min} = \mathbf{2{,}22 \cdot 10^5\ Pa}$

Ja apskata manometrisko spiedienu (spiediena pieaugumu attiecībā pret atmosfēras spiedienu), tad iegūst vērtības atbilstoši $\mathbf{1{,}35 \cdot 10^5\ Pa}$ un $\mathbf{1{,}22 \cdot 10^5\ Pa}$. Vērtējot olimpiāžu dalībnieku sniegumu, visas četras risinājumā pieminētās spiediena vērtības tika ieskaitītas kā pareizās.

B Uzvedinoši jautājumi:

– Kādi ir gaisa parametri caurulītē sākumā aprakstītajā situācijā?

– Kā var sasaistīt gāzes darbu ar korķim piešķirto kinētisko enerģiju?

– No kā ir atkarīgs berzes spēks? Kāda ir berzes spēka maksimālā vērtība?

1) $n = \frac{pV}{RT}$

$$V = \pi r^2 h = 3{,}141 \cdot 0{,}05^2 \cdot 0{,}5 \approx 3{,}9 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3$$

$$n = \frac{10^5 \cdot 3{,}9 \cdot 10^{-3}}{8{,}31 \cdot 290} = \mathbf{0{,}163\ mol}$$

2) Adiabātiskā procesā nenotiek siltuma apmaiņa ar apkārtējo vidi, $\Delta U = -A$ un $A = F\Delta x$.

Iepriekš aprēķinātā spiediena p un iekšējā cilindra šķērsgriezuma laukuma S reizinājums ir spēks, kas veic darbu A.

Adiabātiskā procesā vienādojums: $pV^\gamma = const$

Tilpums pieaug par $\Delta V = \Delta x S = 7{,}854 \cdot 10^{-5}$ m^3, tad izmaiņa $\frac{\Delta V}{V} = 0{,}02$, arī spiediens izmainās ļoti maz, jo $pV^\gamma = const$, tātad, var uzskatīt, ka procesā spiediens ir konstants un gāzes veiktais darbs būs

$$A = p\Delta V = 2{,}35 \cdot 10^5 \cdot 7{,}854 \cdot 10^{-5} = \mathbf{18{,}457\ J}$$

Var spriest savādāk: gāzes veiktais darbs tiek patērēts berzes spēka pārvarēšanai un kinētiskās enerģijas paaugstināšanai. Berzes spēka veiktais darbs ir $A_b = \int F_b(x)dx$, jeb laukums zem grafika $F_b(x)$. Tas ir vienāds ar taisnleņķa trīsstūra laukumu $A_b = \frac{F_{bk}x}{2}$ (šeit $F_{bk} = \frac{F_b\mu_k}{\mu_m}$ un x ir atbilstošo lielumu maksimālās vērtības, μ_k slīdes berzes koeficients, μ_m miera berzes koeficients. Berzes spēks ir proporcionāls normālās reakcijas spēkam, kas, savukārt, ir atkarīgs no korķa un caurulītes saskarsmes laukuma, korķim slīdot gar caurules sienu, saskarsmes laukums samazinās).

Rezultātā gāzes veiktais darbs ir $A = \frac{F_b\mu_k x}{2\mu_m} + \frac{mv^2}{2} = \mathbf{4{,}34\ J}$ vai $A = \mathbf{4{,}01\ J}$

Tātad, gāzes darbu korķa izspiešanā no cilindra var izrēķināt divos dažādos veidos:

$A = p\Delta V = \int F_b(x)dx + \Delta E_k$. Diemžēl, šie rezultāti nav vienādi. Tāpēc arī tika pieņemtas vairākas pareizās atbildes.

3) Divatomu gāzei $\Delta U = \frac{5}{2} nR\Delta T$, kur $\Delta T = \frac{2\Delta U}{5nR} = \frac{2}{5} \cdot \frac{18{,}457}{0{,}163 \cdot 8{,}314} =$ **5,448 K** (vai **1,18 K** vai **1,28 K**, ja izmanto citu izrēķināto darba vērtību).

Skaidrojums par uzdevumu:

Uzdevuma atrisināšanai skolēniem nepieciešamas zināšanas tematos:

- Šķidrumu un gāzu mehāniskās īpašības – hidrostatiskais spiediens, atmosfēras spiediens (jautājumi 1B/1, 1B/2, 1C).
- Gāzu likumi – ideālās gāzes stāvokļa vienādojums (jautājumi 1B/2, 1C, 2B/1).
- Siltums un darbs – adiabātisks process (jautājums 2A), gāzes darbs un iekšējā enerģija (jautājumi 2B/2 un 2B/3).
- Mijiedarbība un spēki – berzes spēks, elastības spēks, Junga modulis (jautājums 2A), cieta ķermeņa spiediens uz virsmu (jautājums 2A).

Uzdevuma risināšanas procesā jāpielieto vairākas prasmes, t.sk.:

- analizē fizikāla rakstura informāciju tekstā (jautājumi 1A);
- saista SI un ārpussistēmas mērvienības (jautājums 1B/1);
- veic lielumu dimensionālo analīzi (jautājums 1B/1);
- apraksta fizikālos procesus, izmantojot matemātiskās likumsakarības (jautājumi 1A, 1B/2, 1C);
- izmanto un pārveido funkcionālās sakarības starp fizikāliem lielumiem (jautājumi 1B/1, 1B/2, 1C, 2A, 2B);
- analizē procesus, aprakstot enerģijas pārvērtības tajos (jautājums 2B/1);
- analizē fizikālos procesus, spriešanas gaitā izmantojot un pārveidojot dažādos veidos (attēli, vienādojumi, tekstuālais apraksts) sniegto informāciju (jautājumi 1A, 1B/2).

Uzdevuma risināšanai nepieciešamo kognitīvo darbību dziļuma līmenis (pēc SOLO taksonomijas):

- definē, apraksta, uzskaita, veic darbību pēc algoritma, kombinē – jautājumi 1A, 1B/1, 2B/1;
- salīdzina, izskaidro cēloņus, analizē, sasaista, saskata analoģijas, pielieto – jautājumi 1C, 2B/3;
- izvērtē, teoretizē, vispārina, iztēlojas – jautājumi 1B/2, 2A, 2B/2.

Uzdevuma risināšanas gaitā skolēnam jāparāda izpratne par spiediena mērvienību savstarpējo saistību, jāsaprot Junga moduļa būtība un saistība ar elastības spēku, jāanalizē spēki, kas aprakstītajā situācijā darbojas uz ķermeni, jāizvērtē to nozīmi uzdevuma kontekstā.

Skolēnam jāprot pārveidot fizikālo lielumu mērvienības, izteikt lielumus, sastādīt fizikālo procesu matemātiskos modeļus, analizēt sastādīto modeļu robežnosacījumus, novērtēt fizikālo lielumu maiņas diapazonu atkarībā no uzdevumā aprakstītās situācijas, veikt iegūto sakarību matemātiskus pārveidojumus.

Viena uzdevuma jautājuma atrisinājumā izmantota integrēšana, bet tiek piedāvāts arī alternatīvais atrisinājums, tāpēc arī skolēni, kuri nezina, kas ir integrēšana, arī var tikt galā ar uzdevuma atrisinājumu.