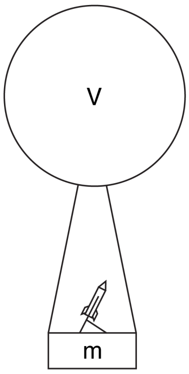
Raķetes! **17 punkti**

Raķešbūve ir aizraujošs inženierijas lauks. Viens no tās prestižākajiem mērķiem ir 100 km augstuma jeb Karmana līnijas sasniegšana, kas kalpo kā mūsdienu kosmosa robeža. Pirms nepilniem 4 gadiem inženieru komanda no Latvijas izdomāja interesantu veidu kā sasniegt šo 100 km atzīmi. Komanda palaidīs zondi ar platformu, kas pacelsies līdz 25 km augstumam, un izmantos šo platformu, lai no tās palaistu raķeti.

A Savā būtībā, zonde ir vienkāršs gaisa balons, kas pildīts ar ūdeņraža (H_2) gāzi un kam ir piestiprināta masa $m = 5$ kg. Gaisa balonu var pieņemt kā perfektu lodi. Pielietojot dažādus atmosfēras parametrus, kas atrodami grafikos zemāk, kā arī pieņemot, ka gravitācijas paātrinājums ir nemainīgs $g = 9.81$ m/s^2, var noteikt kā pareizi izveidot gaisa balonu, lai sasniegtu nepieciešamo augstumu.



A1 Ar kādu spēku balonam jādarbojas uz masu m, lai tā noturētos nemainīgā augstumā? *1 punkti*

Lai ķermenis atrastos līdzsvara stāvoklī, visu uz to iedarbojošo spēku summai ir jābūt 0, līdz ar to spēkam, ar kādu balonam jādarbojas uz masu m, ir jābūt vienādam ar masas svaru, jeb:

$$F_b = F_s = mg \approx 49N$$

A2 Kāds ir minimālais nepieciešamais balona tilpums, lai balons sasniegtu $h = 25$ km lielu augstumu, ja ūdeņraža blīvums balonā 25km augstumā ir $\rho_{H_2} = 0,015$ kg/m^3? Balona materiāla masu un platformas tilpumu var neņemt vērā. *4 punkti*

Aplūkojot atmosfēras parametrus zemāk dotajos grafikos, varam novērot, ka pieaugot augstumam, samazinās gaisa blīvums. Balonu ar zondi gaisā notur Arhimēda spēks, kas ir atkarīgs no šī gaisa blīvuma un attiecīgi samazinās, palielinoties augstumam. Varam secināt, ka minimālais tilpums būs tieši tik liels, lai augstumā h Arhimēda spēks būtu vienāds ar balona un platformas svaru.

No grafika nolasām $\rho_{gaiss} = 0,04$kg/m^3.

$$F_{arh} = F_{balons} + mg$$

$$\rho_{gaiss} V g = \rho_{H_2} V g + mg$$

$$V = \frac{m}{\rho_{gaiss} - \rho_{H_2}} \approx 200m^3$$

A3 Kāds ir minimālais daudzums materiālam kvadrātmetros S, lai izveidotu šo balonu lodes formā? Ja iepriekšējā punktā neieguvi atbildi, tālāk vari izmantot tilpuma vērtību $V = 180\,\mathrm{m}^3$. *1 punkti*

$$V_{balons} = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} \approx 3,63m$$

$$S = 4\pi R^2 \approx 166m^2$$

vai, ja tika lietots dotais tilpums, $S = 154m^2$

A4 Pieņem, ka ūdeņradis (H_2) balonā ir ideāla gāze. Šādas gāzes apraksta ideālās gāzes vienādojums:

$$pV = nRT$$

kur p - gāzes spiediens (Pa), V - tilpums (m^3), n - daudzums molos (mol), T - temperatūra kelvinos (K), un $R = 8,314$ J/mol $\cdot$ K - gāzu konstante. Izmantojot atmosfēras parametrus, kas doti zemāk, nosaki cik liels daudzums gāzes molos n nepieciešams iepildīt balonā, lai balons paceltos 25 km augstumā? Pieņem, ka spiediens (Pa) balonā ir vienāds ar gaisa spiedienu (Pa). *2 punkti*

No grafika nolasām $p \approx 2,5kPa$ un $T \approx 222K$.

$$n = \frac{pV}{RT} \approx 271mol$$

vai, ja tika lietots dotais tilpums, $n = 244mol$

B1 Tā kā 25 km augstumā gaisa blīvums ir ļoti mazs, šajā apakšpunktā neņemiet vērā gaisa pretestību. Zinot vienmērīgas paātrinātas kustības formulu:

$$h(t) = h_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

kur $h_0 = 25$ km - sākuma augstums un v_0 - sākuma ātrums, nosaki ar kādu minimālo ātrumu v_0 sākotnēji nepieciešams izšaut raķeti no lielgabala, kas atrodas uz zondes platformas, lai tā sasniegtu $h = 100$ km augstumu, kā arī pēc cik ilga laika t raķete šo augstumu sasniegs. *4 punkti*

Vienādojuma labajā pusē ir kvadrātvienādojums, proti, raķetes trajektorija veido parabolisku līkni ar zariem uz leju. Vispārīgas parabolas y(x) virsotnes x koordinātu x_v var aprēķināt pēc formulas:

$$x_v = \frac{-b}{2a}$$

Pēc analoģijas no dotā trajektorijas vienādojuma var noteikt, ka $b = v_0$ un $a = \frac{-g}{2}$. Līdz ar to varam izteikt laiku, kad raķete sasniegs maksimālo augstumu:

$$t_v = \frac{v_0}{g}$$

Mums ir nepieciešams, lai maksimālais augstums $h_{max} = 100$ km. Ievietojot laiku, kad raķete sasniegs maksimālo augstumu t_v trajektorijas vienādojumā, iegūstam vienādojumu maksimālajam augstumam atkarībā no laika.

$$h_{max}(v_0) = h_0 + v_0 \cdot \frac{v_0}{g} - \frac{g}{2} \cdot (\frac{v_0^2}{2g}) = h_0 + (\frac{v_0}{g})^2$$

Ievietojot maksimālā augstuma vērtību $h = 100$ km, varam aprēķināt sākotnējo ātrumu.

$$v_0 = \sqrt{2g(h - h_0)} \approx 1210 m/s$$

Un zinot šo, varam aprēķināt arī laiku, kad raķete sasniegs maksimālo augstumu pēc iepriekš izvestā vienādojuma:

$$t_v = \frac{v_0}{g} \approx 123 s$$

B2 Kad raķete būs sasniegusi 100 km augstumu, tai diemžēl būs jāatgriežas atpakaļ. Raķetei tuvojoties zemei, sākot ar 25km augstumu jāņem vērā gaisa pretestības spēks:

$$F_p(v) = \frac{1}{2}\rho v^2 C_D S$$

kur S - laukums virsmai, kas perpendikulāra kustības virzienam. Tuvojoties zemei, gaisa pretestības spēks kļūst vienāds ar smaguma spēku,no šī brīža raķetes ātrums paliek nemainīgs. Pieņemot raķeti kā cilindru ar masu $m = 3$ kg un rādiusu $r = 0,05$ m, kas krīt perpendikulāri zemei, kā arī zinot gaisa pretestības koeficientu cilindriem $C_D = 0,82$ un blīvumu $\rho_g = 1.2$ kg/m^3, noteikt ātrumu ar kādu raķete ietriektos zemē. *2 punkti*

Ātrums ir nemainīgs, ja spēki uz raķeti ir līdzsvarā, proti:

$$F_p(v) = \frac{1}{2}\rho v^2 C_D S = mg$$

Cilindra priekšējās virsmas laukumu var aprēķināt pēc formulas:

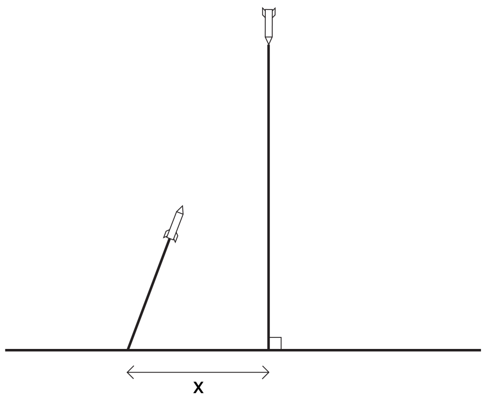
$$S = \pi r^2 \approx 0,00785 m^2$$

No iepriekš izvestā vienādojuma varam aprēķināt ātrumu, ar kādu raķetei jākrīt, lai gaisa pretestības spēks būtu vienāds ar tās svaru:

$$v = \sqrt{\frac{2mg}{\rho C_D S}} \approx 87,3m/s$$

B3 Paralēlajā visumā kaķīšu komanda jau ir palaidusi uzdevuma a sadaļā aprakstīto raķeti, bet raķete sabojājās un tai netvērās nosēšanās izpletnis. Kaķīšu raķete maksimālā ātrumā taisni vertikāli lido Sūnu purva virzienā. Par laimi zaķīšu komanda ir izveidojusi pretgaisa aizsardzības sistēmu, no raķetes, kuras m=0.1 kg (salīdzinoši mazs un aprēķinos nav jāņem vērā) un rādiuss r= 0.05 m. Zaķīšu raķete jau starta brīdī sasniedz savu maksimālo kustības ātrumu, ko nosaka raķetes dzinēja attīstītais vilcējspēka F=200N un gaisa pretestības spēku līdzsvars.

Sākot ar palaišanas brīdi raķete lido ar nemainīgu ātrumu. Uzdevumā gaisa pretestības spēks un raķetes radītais spēks ir būtiski lielāki par smaguma spēku, tāpēc raķetes smaguma spēku var neņemt vērā. Zaķīšu pretgaisa aizsardzības sistēmas raķete 2 sekundes pēc starta veiksmīgi neitralizēja bojāto raķeti. Zaķīšu raķete tika palaista no starta laukuma kurš atradās x=300 m no bojātās raķetes prognozētās nokrišanas vietas. Nosaki kādā augstumā h raķetes sadūrās. *3 punkti*



Situācija tagad ir praktiski tāda pati kā iepriekš, tikai spēks, kam jābūt vienādam ar gaisa pretestības spēku, lai Bulgāru raķete varētu lidot vienmērīgā ātrumā, ir grūdienspēks, nevis raķetes svars. Zinot šo, varam izteikt Bulgāru raķetes nemainīgo ātrumu līdzīgi kā punktā B2.

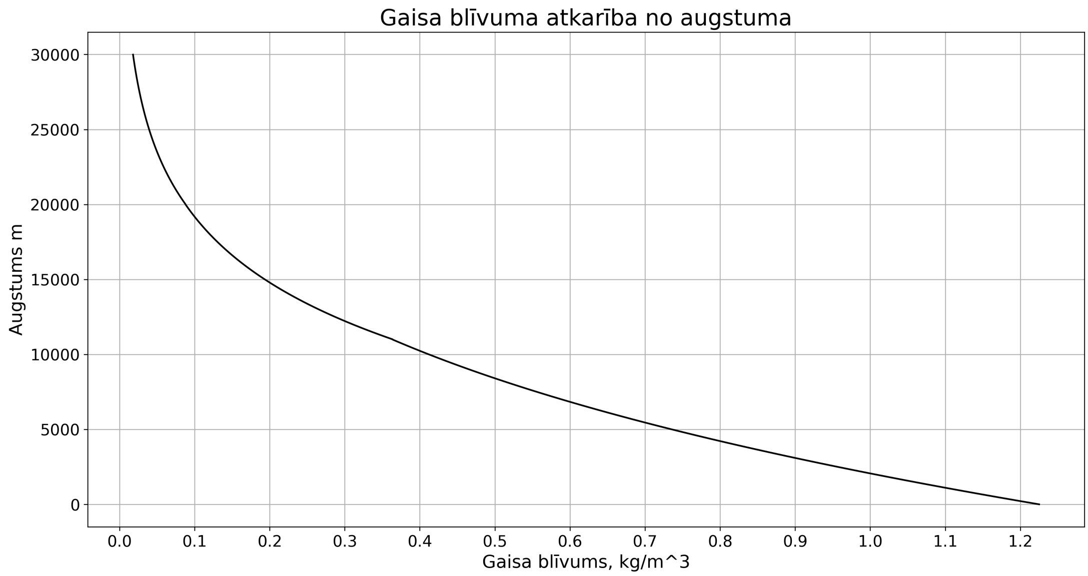
$$v = \sqrt{\frac{2F}{\rho C_D S}} \approx 228m/s$$

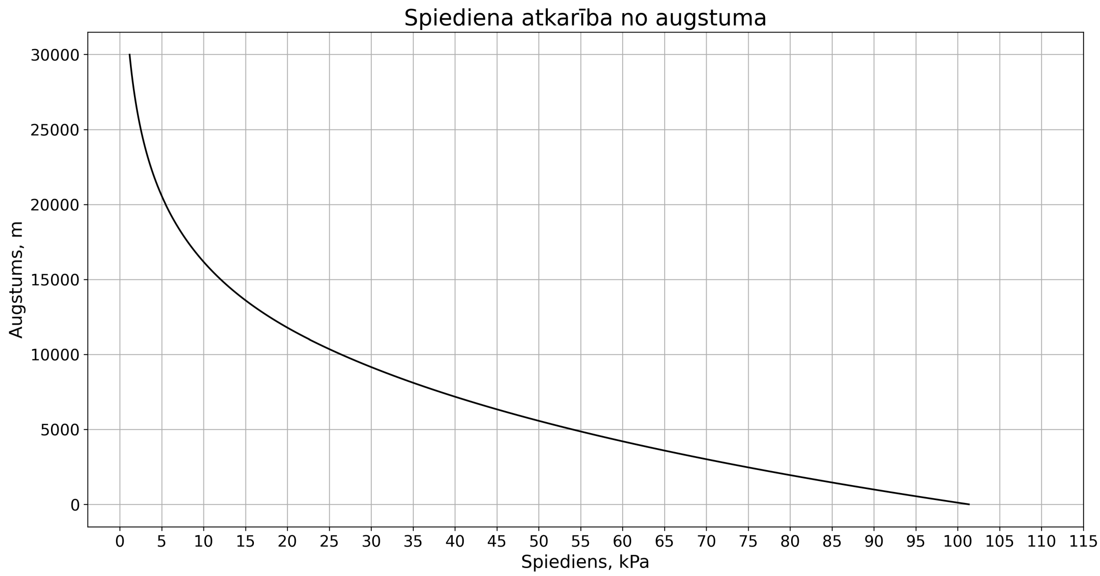
Līdz ar to varam aprēķināt arī raķetes veikto attālumu:

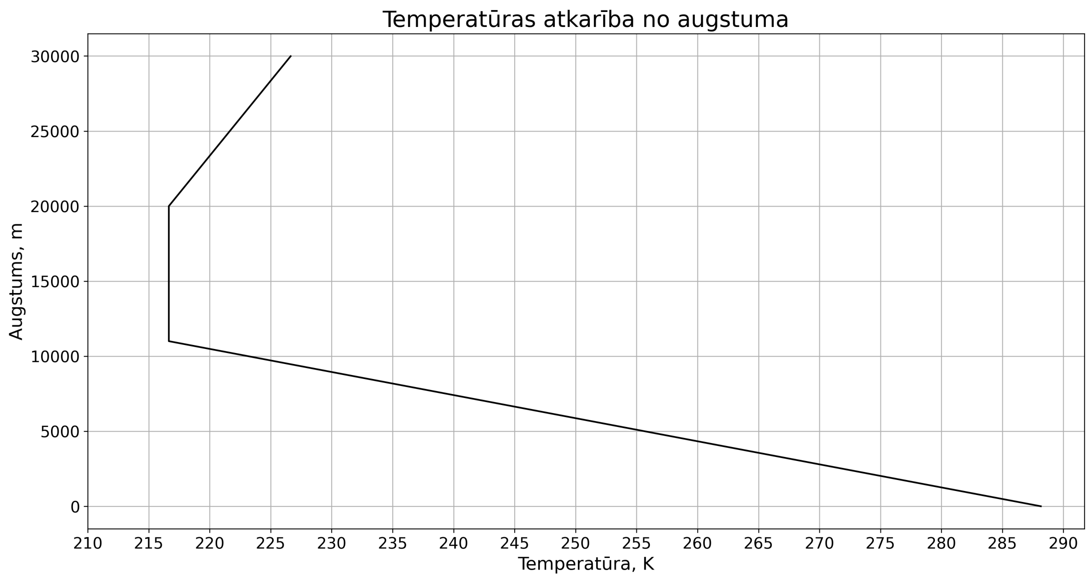
$$s = vt \approx 455m$$

Pēc dotā trajektorijas zīmējuma var pamanīt, ka abu raķešu trajektoriju pagarinājumi veido taisnleņķa trijstūri, kur katetes ir h un x, bet hipotenūza s. Līdz ar to varam aprēķināt h pēc Pitagora teorēmas:

$$h = \sqrt{s^2 - x^2} \approx 342m$$


Gaisa blīvuma atkarība no augstuma
Augstums m
Gaisa blīvums, kg/m^3
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
1.1
1.2

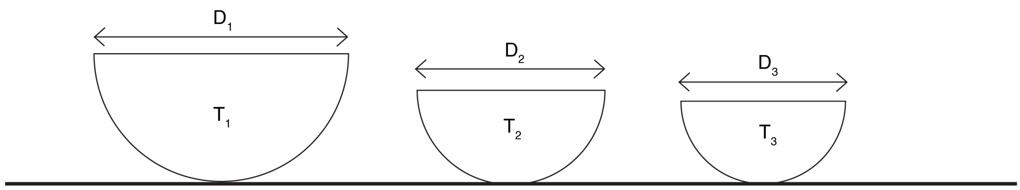

Spiediena atkarība no augstuma
Augstums, m
Spiediens, kPa
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
105
110
115


Temperatūras atkarība no augstuma
Augstums, m
Temperatūra, K
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
210
215
220
225
230
235
240
245
250
255
260
265
270
275
280
285
290

Zeltmatīte un augstās gāzes cenas **9 punkti**

Gandrīz visi ir pazīstami ar pasaku par Zeltmatīti un trīs lāčiem. Pasakā Zeltmatīte ieiet mājā, kur tā atrod 3 bļodas ar putru: lielu bļodu, kas ir par karstu, vidēju bļodu, kas ir par aukstu un mazu bļodu, kas ir tieši piemērota. Pasakas, protams, cauri gadiem attīstās un mūsdienu pasakā ir aizmirsta viena svarīga detaļa - tas, ka Zeltmatīte bija aizrautīga fiziķe.

A1 Zeltmatīte, ieejot lāču mājā, nomēra istabas temperatūru $T_0 = 20°$ C. Tāpat Zeltmatīte nomēra temperatūru katrā bļodā. Temperatūra katrā bļodā uz galda ir $T_1 = 70°$ C, $T_2 = 25°$C, $T_3 = 40°$ C, kā arī putras bļodu diametri ir $D_1 = 20$ cm, $D_2 = 14$ cm, $D_1 = 12$ cm. Zeltmatīte zina, ka putras blīvums ir $\rho_p = 1200$ kg/m^3. Nosaki, kurai putrai atdziestot līdz istabas temperatūrai (tā tiek pieņemta nemainīga), tiks izdalīts vismazākais siltuma daudzums Q. Bļodas siltumietilpību uzskatīt par vērā neņemamu. *2 punkti*



Ir skaidrs, ka vislielāko siltuma daudzumu zaudē lielākā un karstākā putra, tādēļ to neapskatīsim. Zinot putras blīvumu, varam aprēķināt tās masu:

$$m = \rho V = \rho \frac{2}{3}\pi R^3 = 800\pi R^3$$

Zudušā siltuma daudzums ΔQ ir atkarīgs no putras masas m un temperatūras izmaiņas ΔT pēc sakarības:

$$\Delta Q = Cm\Delta T = \Delta T R^3 \cdot 800\pi C$$

kur C - putras īpatnējā siltumietilpība, kas mums neinteresē, jo mēs vēlamies tikai salīdzināt lielumus. Lai noskaidrotu, kura putra zaudē mazāk siltuma mums jāsalīdzina lielumi $\Delta T R^3$ abām putrām. Nosakot vidējās un mazās putras rādiusus kā $0,07$ m un $0,06$ m un temperatūras izmaiņas kā 5 K un 20 K un ievietojot šīs vērtības iepriekš dotajā salīdzināmajā izteiksmē, nosakām, ka vidējā putra zaudē mazāk siltuma daudzumu.

A2 Lāči, ieradušies mājās, ir diezgan pārskaitušies, ka Zeltmatīte pagaršojusi visas putras. Lāči lūdz Zeltmatīti uzvārīt tēju, taču piekodina viņu būt taupīgai, jo gāzes cenas esot augstas. Sākumā apskatīsim posmu, kurā ūdens silst tējkannā. Tējkannai ir cilindriska forma ar augstumu $h_0 = 20$ cm un rādiusu $r_0 = 5$ cm un tā ir piepildīta pilna ar ūdeni, kas ir istabas temperatūrā. Ūdens īpatnējā siltumietilpība ir $C_u = 4,187$ kJ/kg·K, $\rho_{\bar{u}} = 1000$ kg/m^3. Metāla tējkannas siltumietilpību uzskatīt par vērā neņemamu. Cik liela siltumenerģija ir nepieciešama, lai ūdens sāktu vārīties? *1,5 punkti*

Lai noteiktu nepieciešamo siltuma daudzumu, sākotnēji jāaprēķina sildāmā ūdens masa un temperatūras izmaiņa:

$$m_u = \rho V = \pi r_0^2 h_0 \approx 1,57kg$$

$$\Delta T = T_{varisanas} - T_0 = 80K$$

Tad attiecīgi siltuma daudzums ir:

$$\Delta Q = C_u m_u \Delta T \approx 526kJ$$

A3 Gāzes degļa jauda ir $P_g = 4200$ W un lietderības koeficients deglim ir $\eta = 0,4$. Lai sasniegtu ūdens vārīšanās temperatūru, nepieciešams $t = 6$ min. Cik liela ir vidējā siltuma zudumu jauda P_z, kas veidojas vides un tējkannas temperatūru starpības dēļ? *3 punkti*

Šī uzdevuma atslēga ir saprast, kas notiek ar jaudām. Varam modelēt situāciju, ieviešot 3 vidējās jaudas: P_s - jauda ar kādu sildām ūdeni, P_i - ienākošā jauda sistēmā, ko mums sniedz deglis, P_z - vidēji zaudētā, ko mēs vēlamies aprēķināt. Svarīgi ņemt vērā, ka ienākošā jauda P_i nav 4200 W, jo deglis nav ideāls. Patiesībā tā ir:

$$P_i = \eta P_g = 1680W$$

Tagad varam uzrakstīt sakarību starp vidējām jaudām, zinot, ka enerģija un līdz ar to jauda nekur nepazūd:

$$P_i = P_s + P_z$$

Sildīšanas jaudu P_s mēs varam noteikt, zinot cik ilgi mēs sildijām ūdeni un cik daudz siltumu pievadījām (ko jau aprēķinājām pagājušajā solī):

$$P_s = \frac{\Delta Q}{t} \approx 1460W$$

Visbeidzot, izmantojot mūsu izteikto jaudu vienādojumu, varam aprēķināt vidējo zaudēto jaudu visa procesa laikā:

$$P_z = P_i - P_s = 220W$$

A4 Apskatīsim posmu, kad ūdens ir sasniedzis vārīšanās temperatūru. Šajā laikā $P_z = 1000$ W ir nemainīgs. Zeltmatīte uz nezināmu laiku ir aizdomājusies un atstājusi tējkannu vārīties, kā rezultātā ūdens augstums kannā ir mainījies no h_0 uz $h_1 = 15$ cm. Cik ilgi Zeltmatīte atstāja tējkannu nepieskatītu? Īpatnējais iztvaikošanas siltums $L_{\bar{u}} = 2260\,\mathrm{kJ/kg}$. *2,5 punkti*

Šajā punktā arī jāizmanto izteiktais jaudas vienādojums:

$$P_s = P_i - P_z = 680W$$

Visa šī sildīšanas jauda tiek patērēta, lai iztvaicētu ūdeni, līdz ar to varam izteikt sekojošo vienādojumu:

$$\Delta Q = P_s t = L_u m = L_u \rho \Delta V = L_u \rho \pi r_0^2 (h_0 - h_1)$$

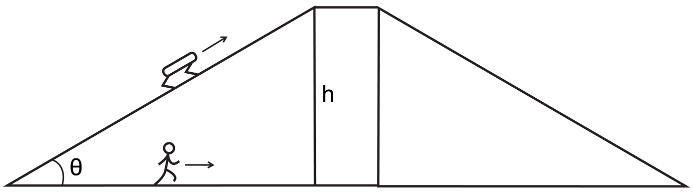
no kā var izteikt t:

$$t = \frac{L_u \rho \pi r_0^2 (h_0 - h_1)}{P_s} \approx 21,7min$$

Distopija **18 punkti**

Ir 2084. gads, un cilvēce dzīvo distopiskā pasaulē, kur kārtību uztur robotu policija. Džons ir pārkāpis sabiedriskās kārtības noteikumus - klausījies mūziku sabiedriskajā transportā bez austiņām - un tagad viņam ir jābēg no policijas robota.

A1 Džona skriešanas ātrums ir $v = 20$ km/h, savukārt robota ātrums $v_r = 35$ km/h. Džons ieskrien bibliotēkā, kas ir vienādsānu trapeces formā ar leņķi pie pamatiem $\theta = 30°$ un augstumu $h = 30$ m, liekot robotam skriet pa mājas jumtu. Džons izskrēja pa taisno cauri bibliotēkai un nonāca otrā galā pēc $t = 20$ s. Cik sekundes tas prasīja robotam? *2 punkti*



Ieviesīsim sekojošos apzīmējumus: s_1 un s_2 - attiecīgi īsākais un garākais trapeces pamats, m - slīpā jumta, pa kuru skrien robots, garums, l - trapeces taisnleņķa trijstūru katete, kas nav augstums.

Sākumā aprēķināsim garāko pamatu s_2:

$$s_2 = tv \approx 112m$$

Tālāk slīpo jumta daļu:

$$m = h/\sin 30° = 60m$$

Un visbeidzot īsāko pamatu s_1:

$$s_1 = s_2 - 2l = s_2 - 2m\cos 30° \approx 8m$$

Zinot šo, varam aprēķināt, cik ilgi robotam nācās skriet pa mājas jumtu:

$$t = \frac{s_r}{v_r} = \frac{s_1 + 2m}{v_r} \approx 13,2s$$

A2 Džons brīnumaini tiek garām robotam, ielec ogļu vilcienā pēdējā no $N = 30$ vagoniem un sāk skriet uz priekšu. Vilciens brauc ar ātrumu $v_v = 10$ km/h un katrs vagons ir garumā $w = 5,5$ m. Ja attālumā $d = 20$ m aiz vilciena Džonam seko robots, kurā vagonā būs Džons, kad robots viņu panāks, ja tas skrien gar sliežu ceļu blakus šim vilcienam? *2 punkti*

Šo uzdevumu rēķinot, sākotnēji ir izdevīgi izmantot atskaites sistēmu, kur Džons stāv uz vietas. Lai to izdarītu, sākumā jānosaka viņa ātrums zemes (nekustīgajā) atskaites sistēmā:

$$v' = v + v_v = 30km/h$$

Džona atskaites sistēmā viņam izskatās, ka robots skrien pie viņa ar ātrumu Δv:

$$\Delta v = v' - v_r = 5km/h \approx 1.4m/s$$

Zinot šo, mēs varam noteikt laiku, pēc kāda robots būs sasniedzis Džonu:

$$t_r = \frac{d}{\Delta v} \approx 14,3s$$

Šajā laikā Džons būs noskrējis attālumu s:

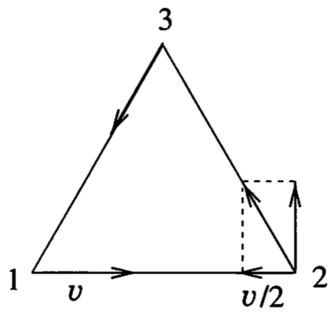
$$s = t_r v \approx 80m$$

Zinot vagona garumu, mēs varam noteikt, kurā vagonā n būs Džons:

$$n = s/w \approx 14,5 \approx 15$$

A3 Tagad iedomāsimies gadījumu, kad 3 roboti katrs ir vienādmalu trijstūra virsotnē ar malas garumu $l = 400$ m. Vienā mirklī visi uzsāk kustību, pirmais robots uz otro, otrais uz trešo un trešais uz pirmo, un visas kustības garumā katrs no tiem turpina doties sava priekšējā robota virzienā. Cik liels laiks ir pagājis un cik lielu attālumu roboti ir veikuši, pirms tie satiekas? *3 punkti*

Šajā kustībā roboti savstarpēji visu laiku saglabā vienādmalu trijstūra formu.



Ja mēs sadalām jebkura no gliemeža ātrumiem divās projekcijās, kur viena ir otra gliemeža virzienā, varam noteikt, ka ātrums ar kādu šis gliemezis virzās otra gliemeža virzienā ir nemainīgs:

$$v_{pret} = v_r \cos 60° = \frac{1}{2} v_r$$

Tātad jebkurā mirklī visi gliemeži viens otram pretī kustās ar kopējo ātrumu:

$$v_{kop} = v_r + v_{pret} = v_r + \frac{1}{2} v_r = \frac{3}{2} v_r \approx 14,6m/s$$

Līdz ar to gliemeži satiksies pēc laika

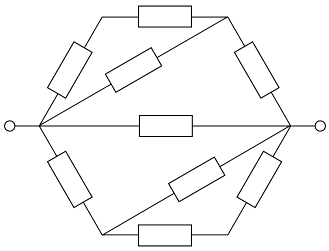
$$t = s/v_{kop} = 27,5s$$

Bet tā kā roboti visu šo laiku bija kustībā ar ātrumu v_r viņu veiktais attālums ir:

$$s_r = v_r t \approx 267m$$

B Džonam veiksmīgā kārtā ir izdevies izbēgt no robotu policijas. Viņš ir nolēmis atriebties - uztaisīt pats savu robotu. Diemžēl Džons nav bijis viens no gudrākajiem skolniekiem un izdomāja, ka savām shēmām būtu izdevīgāk nopirkt lielu sūtījumu ar viena veida rezistoriem ar pretestību R un veidot visas shēmas tikai ar šiem rezistoriem. Taisot shēmas, Džonam tiek novērsta uzmanība un viņš vairs neatceras kādas shēmas ir uztaisījis.

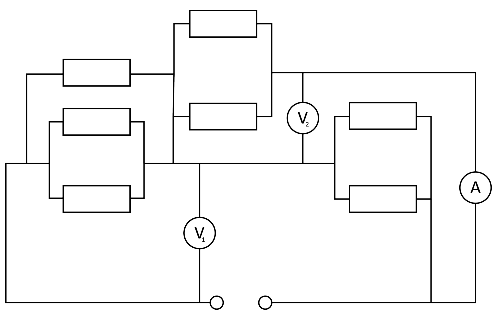
B1 Zemāk attēlā redzama viena no Džona shēmām. Nosaki tās kopējo pretestību. *2 punkti*



Šajā konkrētajā punktā jāizmanto princips, ka mēs varam grozīt shēmas savienojumus kā vēlamies, kamēr visi savienojumu punkti ir tādi paši. Attēlā redzamā shēma patiesībā ir vienkārša shēma, kuras pretestību var noteikt pēc parastajām virknē un paralēli savienotu rezistoru sakarībām, iegūstot kopējo pretestību:

$$R_{kop} = \frac{13}{3}R$$

B2 Cita shēma, ko Džons atrod satur divus dažādus voltmetrus un vienu ampērmetru, kurus var pieņemt kā ideālus, proti, voltmetru pretestība ir bezgalīga un ampērmetru pretestība ir nulle. Kāda ir shēmas kopējā pretestība? *3 punkti*



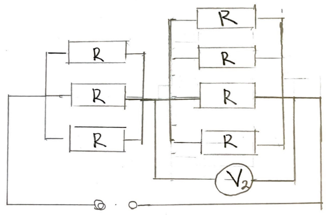
Šeit praktiski jālieto tā pati ideja: ja divi vadi ir savienoti, tiem ir vienāds spriegums, un mēs tos varam savienot vai atdalīt vienu no otra kā vēlamies.

Taču papildus tam, jāizmanto idejas, ka bezgalīgu pretestību var aizvietot ar shēmas pārrāvumu un visus voltmetru savienojumus shēmā var noņemt un ka, ja pretestība ir 0, to var aizvietot ar vada savienojumu, proti, visus ampērmetrus var aizvietot ar vada savienojumu.

Rezultātā mēs iegūstam vienkāršu shēmu ar kopējo pretestību:

$$R_{kop} = \frac{7}{12}R$$

B3 Kādu spriegumu U_2 var nolasīt no otrā voltmetra (V_2, shēmas augšējā pusē), ja $R = 100\ \Omega$ un pie izvadiem pievieno spriegumu $U_i = 5$ V? *2 punkti*



Tā kā mēs zinām shēmas kopējo pretestību

$$R_{kop} = \frac{7}{12}R \approx 58\Omega$$

mēs varam arī noteikt kopējo strāvu, kas iet cauri shēmai:

$$i_{kop} = \frac{U}{R_{kop}} \approx 0,086A$$

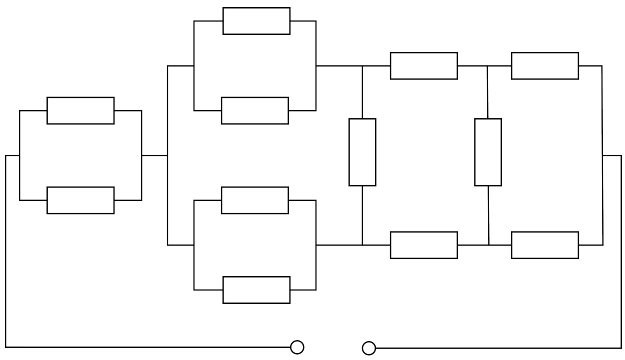
Lai noteiktu spriegumu starp voltmetra diviem galiem, mēs vienkārši ievietojam to atpakaļ vienkāršotajā shēmā, saglabājot visus savienojumus. Šādi darot, var novērot, ka voltmetrs ir faktiski novietots divās pusēs vienai efektīvai pretestībai:

$$R_{efektiva} = \frac{R}{4} = 25\Omega$$

Un līdz ar to no šī voltmetra var nolasīt spriegumu, kas vienāds ar:

$$U_{voltmetram} = i_{kop}R_{efektiva} \approx 2,15V$$

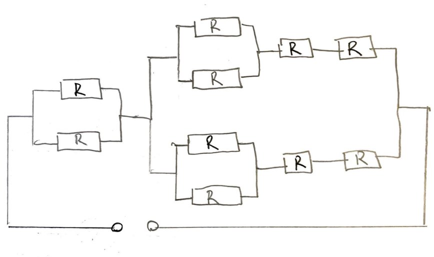
B4 Visbeidzot Džons nonāk pie pēdējās shēmas. Ja shēmas galos pievieno spriegumu $U_i = 3$ V un ja $R = 100\ \Omega$, kāda strāva plūdīs tai cauri? *2 punkti*



Šajā uzdevumā jāizmanto simetrija. Mums ir 2 rezistori, kas dotajā shēmas orientācijā ir novietoti vertikāli un kas savieno divus simetriskus shēmas zarus. Tā kā zari patiešām ir simetriski, tad abu rezistoru abos galos spriegumu ir vienādi. Ja rezistora divos galos spriegumi ir vienādi, tad caur to neplūst strāva un to efektīvi var izņemt ārā no shēmas.

Šādi darot abiem rezistoriem, mēs atkal iegūstam vienkāršu shēmu, kuras kopējā pretestība ir

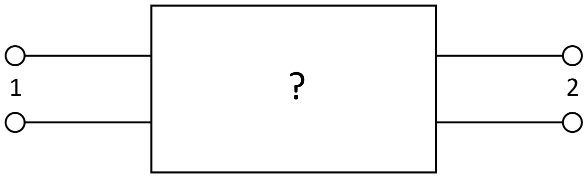
$$R_{kop} = \frac{7}{4}R \approx 175\Omega$$



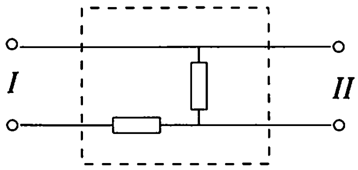
un caur kuru plūst strāva

$$i_{kop} = \frac{U}{R_{kop}} \approx 0,017A$$

B5 Džons atrod melnu kasti, kuru nevar atvērt. Kaste ir ar diviem pāriem izvadu. Ja viņš pievieno spriegumu U pie pirmā pāra izvadu, uz otrā pāra var nolasīt spriegumu $U/2$. Savukārt, ja spriegumu U pievieno pie otra pāra izvadu, uz pirmā pāra var nolasīt spriegumu U. Uzskicē shēmu, kas atrodama melnajā kastē starp abiem pāriem izvadu. *2 punkti*



Viens shēmas variants ir, piemēram, šāds:



Stari, muzikālais zālespļāvējs un tarzāns 16 punkti

A Ēģiptē ir tāda pilsēta, kurā vasarā saule spīd līdz akas pašai apakšai. Tieši šis fakts tika izmantots vienā no pirmajiem mēģinājumiem noteikt Zemeslodes rādiusu. Diemžēl Latvijā saule nevar izgaismot akas līdz to pašai apakšai, taču mēs gribējām atkārtot Ēģiptes eksperimentu un mēģināt izgaismot aku.

A1 Kādā leņķī pret zemi jānovieto spogulis, lai izgaismotu vertikālu aku, ja saule ir $\theta = 45°$ augstumā virs horizonta? *1 punkti*

Atstarošanās leņķis ir vienāds ar krišanas leņķi, līdz ar to pēc ģeometrijas leņķis, kādā jānovieto spogulis pret zemi α:

$$\alpha = \frac{\theta + 90°}{2} = 62,5°$$

A2 Pēc Ēģiptes eksperimenta atkārtošanas Latvijas zinātniekiem iepatikās fizikas novirziens - optika, tāpēc zinātnieki izveidoja optikas uzdevumus saviem skolēniem. Gaismas stars šķērso 3 dažādas vides ar paralēlām virsmām, kur laušanas koeficienti $n_1 = 1,4$, n_2 nav zināms, un $n_3 = 1,2$. Ja gaismas stars krīt uz pirmo vidi ar leņķi $\theta_0 = 25°$, kāds būs tā leņķis 3. vidē? (Leņķi tiek mērīti starp gaismas staru un perpendikulu visām virsmām. Gaismas stars tiek ierobežots plaknē, kas perpendikulāra visām virsmām.) *1,5 punkti*

Pēc Snelliusa likuma, staram pārejot no gaisa uz 1. vidi:

$$\sin\theta_0 = n_1 \sin\theta_1$$

taču tālāk

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 = \sin\theta_0$$

un vispārīgi

$$\sin\theta_0 = n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 = n_3 \sin\theta_3$$

no kā seko, ka

$$\theta_3 = \arcsin\frac{\sin\theta_0}{n_3} \approx 20,6°$$

A3 Šajā uzdevumā izmantosim koordinātu sistēmu, kur x būs horizontālā ass un y būs vertikālā ass. Viena vienība ir ekvivalenta 1 metram. Gaismas stars tiek izstarots no punkta $(0,4)$ un punktā $(10,4)$ šķērso milzīgu lēcu, kura novietota perpendikulāri x koordinātu asij ar centru punktā $(10,0)$ un kuras optiskais stiprums $D = +0,2$. Par kādu leņķi ϕ tiks pagriezts stars? *2,5 punkti*

Šis uzdevums paliek ļoti vienkāršs, kad situācija patiešām tiek vizualizēta koordinātu plaknē. Pēc koordinātēm var noteikt, ka stars virzās paralēli y asij un līdz ar to perpendikulāri lēcai. Tas nozīmē, ka, šķērsojot lēcu, stars tālāk ies cauri lēcas fokusam. Fokusa attālumu var noteikt kā:

$$f = \frac{1}{D} = 5m$$

Tā kā lēcas centrs ir augstumā jeb y koordinātē $y = 0$, fokuss arī atrodas šajā punktā, līdz ar to zinām, ka posmā kurā stars iziet no lēcas un sasniedz fokusu, tam jāmēro attālums $\Delta x = 5m$ x asī un $\Delta y = 4m$ y asī, no kā izriet, ka:

$$\phi = \arctan\frac{\Delta x}{\Delta y} \approx 38,7°$$

B Ikdienā dažādi objekti svārstās un veic dažādas periodiskas kustības, radot skaņu. Tālākajos uzdevumos pieņemt skaņas ātrumu gaisā kā $v_{sg} = 343$ m/s un ūdenī kā $v_{su} = 1480$ m/s.

B1 Vienam no skolēniem diemžēl neizdevās pabeigt dotos uzdevumus par optiku, jo mājas pagalmā bija izaugusi ļoti gara zāle. Skolēns zāli gāja pļaut ar savu mājās esošo muzikālo zāles pļāvēju. Esot ieinteresēts mūzikā, skolnieks izlēma veikt pats savus aprēķinus. Cik ātri ir jākustas muzikālā zāles pļāvēja asmens galam, lai dzirdētu noti Do, kuras frekvence ir $f = 440$ Hz, ja asmens kustas pa apļa trajektoriju ar rādiusu $r = 0,3$ m. *2 punkti*

Sākumā noskaidrojam laiku, kādā asmens veic vienu pilnu apgriezienu, kas ir vienāds ar kustības periodu:

$$T = \frac{1}{f} \approx 0,0023s$$

Tā kā asmens gals iet pa apļa trajektoriju, tā veiktais ceļš ir:

$$s = 2\pi r \approx 1,88m$$

no kā izriet, ka ātrums ir:

$$v = \frac{s}{T} \approx 830m/s$$

B2 Kāds ir viļņa garums skaņai, ja šādas pašas frekvences zāles pļāvēju ievieto ūdenī? *1 punkti*

Šeit jāizmanto sakarība starp viļņa garumu un izplatīšanās ātrumu:

$$\lambda = \frac{v_s u}{f} \approx 3,4m$$

B3 Rūpnīcā, kur ražo šādus īpašus zāles pļāvējus spēlējas divi strādnieki, kas ir nostājušies gara alumīnija caurules galos. Pirmais strādnieks uzsit pa cauruli un klausītājs caurules galā vispirms dzird skaņu, kas nāk pa cauruli un pēc $\delta t_1 = 2,5$ s skaņu, kas nāk pa gaisu. Ja šo pašu eksperimentu atkārto caurulei, kas ir par $\delta l = 62$ m garāka, tad skaņa pa gaisu atnāk $\delta t_2 = 2,7$ s vēlāk nekā pa cauruli. Kāds ir skaņas ātrums alumīnijā? *2 punkti*

Ieviesīsim divus nezināmos lielumus: pirmās caurules garumu l un skaņas ātrumu alumīnijā v_{sa}. Tagad mēs varam izveidot vienādojumu sistēmu, kurā uzrakstam abus vienādojumus laika starpībai skaņai pa gaisu un pa cauruli δt:

$$\begin{cases} \delta t_1 = \frac{l}{v_{sg}} - \frac{l}{v_{sa}} \\ \\ \delta t_2 = \frac{l+\delta l}{v_{sg}} - \frac{l+\delta l}{v_{sa}} \end{cases}$$

Šo sistēmu ir vienkārši atrisināt atņemot pirmo vienādojumu no otrā iegūstot sakarību:

$$\delta t_2 - \delta t_1 = \frac{\delta l}{v_{sg}} - \frac{\delta l}{v_{sa}}$$

no kā izriet, ka

$$v_{sa} = \frac{\delta l}{\delta t_2 - \delta t_1 - \frac{\delta l}{v_{sg}}} \approx 3200m/s$$

B4 Līdzīgs muzikāls zāles pļāvējs (tautā dēvēts par lidmašīnu) ar ātrumu $v = 900\,\text{km/h}$ lidinās debesīs nemainīgā augstumā $h = 10$ km. Kāda ir novirze metros starp zāles pļāvēja faktisko atrašanās vietu un vietu, no kuras tajā pašā mirklī skaņa sasniedz novērotāju uz zemes, kas atradās tieši zem lidojošā zāles pļāvēja? *1,5 punkti*

Nosakām skaņas ceļošanas laiku:

$$t = \frac{h}{v_{sg}} \approx 29s$$

līdz ar to nosakām arī novirzi

$$s = vt \approx 7,3km$$

C Tagad, kad zāle beidzot ir nopļauta, skolēnam ir jādodas atpakaļ mājās un jārisina jau citi fizikas skolotāja uzdotie mājasdarbi par enerģijas nezūdāmību.

C1 Tarzāns ieskrienas un sagrābj virvi, kas ir iesieta kokā, ar ātrumu $v = 7$ m/s. Ja $g = 9.81$ m/s^2, cik augstu no zemes viņš varēs uzšūpoties? *1 punkti*

Pēc enerģijas nezūdamības likuma, mirklī, kad tarzāns uzšūposies visaugstāk un apstāsies

$$mgh = \frac{mv^2}{2}$$

kur m - Tarzāna masa un h - maksimālais sasniegtais augstums. Līdz ar to:

$$h = \sqrt{\frac{v^2}{2g}} \approx 2,5m$$

C2 Pļaviņu HES izmanto ūdens potenciālo enerģiju, lai ražotu eketrību ar jaudu $P = 825$ MW. Ja tā kritums, t.i., ūdens līmeņa starpība pirms HES un pēc HES ir $h_{HES} = 40$ m, cik litri ūdens iziet tam cauri vienā sekundē? *1,5 punkti*

Ūdens potenciālo enerģiju izsaka vienādojums

$$U = mgh = V\rho gh$$

līdz ar to jauda ar kādu tiek saražota enerģija, pieņemot ideālu efektivitāti, ir

$$P = \frac{U}{t} = \frac{V\rho gh}{t}$$

no kā var izteikt tilpumu, kas izies cauri HES vienā sekundē jeb $t = 1$

$$V = \frac{Pt}{\rho gh} \approx 2100L$$

C3 Teorētiski astronauts uz mēness var palēkties 6 reizes augstāk nekā uz Zemes. Ar kādu ātrumu v_0 astronautam jāizmet tenisa bumbiņa uz Mēness, lai tā ar ātrumu $v_1 = 15$ m/s trāpītu zondei, kas lido $h_z = 400$ m virs astronauta? *2 punkti*

Ideālā gadījumā astronauta maksimālo lēciena augstumu ietekmē tikai enerģija, ko viņš spēj attīstīt, lai palektos, kas abos gadījumos - uz Zemes un uz Mēness - ir vienāda:

$$mgh = mg_M h_M$$

kur h - maksimālais paleksšanās augstums uz Zemes, h_M - maksimālais paleksšanās augstums uz Mēness un g_M - brīvās krišanas paātrinājums uz Mēness, ko attiecīgi var aprēķināt kā

$$g_M = \frac{h}{h_M} g \approx 1,64 m/s^2$$

Līdz ar to varam uzrakstīt enerģijas nezūdamības likumu situācijai:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh_z + \frac{mv_1^2}{2}$$

kur m - bumbiņas masa, no kā izriet, ka

$$v_0 = \sqrt{2gh_z + v_1^2} \approx 39 m/s$$

Saule **6 punkti**

Uzdevumu sagatavojis mūsu galvenais sponsors Tet. Pateicamies Tet par sadarbību arī šogad!

A Kārlis grib uz mājas jumta uzlikt saules paneļus. Saules paneļu efektivitāte ir 21%. Dienas gaišais laiks ir 16 stundas un gaismas intensitāte šajā laikā ir 1000 W/m^2. Elektroierīces Kārļa mājā nepārtraukti patērē 300 W. Lai Kārlis varētu kļūt energoneatkarīgs, viņš iegādājās akumulatorus. Akumulatoru efektivitāte $\eta = 70\%$.

A1 Cik energo ietilpīgi akumulatori nepieciešamas Kārlim? Atbildi izteikt kWh. *2 punkti*

$$E = \frac{Pt_{nakts}}{\eta} = \frac{300W \cdot 8h}{0.7} = 3428Wh = 3.428kWh$$

A2 Kāda izmēra (m^2) saules paneļi nepieciešami Kārlim? *2 punkti*

$$t_{diena}P + E = t_{diena}I_s\eta_{paneli}S_{paneli}$$

$$S_{paneli} = \frac{Pt_{diena} + E}{t_{diena}I_s\eta_{paneli}} = \frac{300W \cdot 16h + 3428Wh}{16h \cdot 1000W/m^2 \cdot 0.21} = 2.44m^2$$

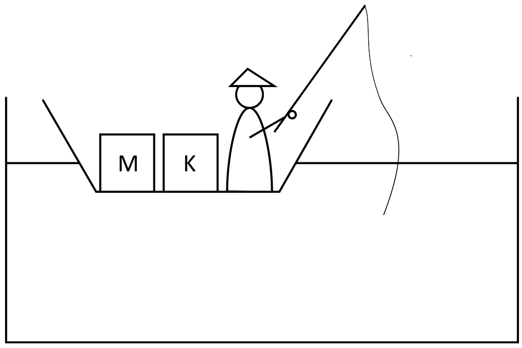
A3 Cenu sadārdzinājuma dēļ, Kārlis apņemas katru vakaru izslēgt datoru uz 8 stundām. Tagad elektroierīces viņa mājā naktī patērē 200 W. Kā izmainās iepriekš izrēķinātās vērtības? *2 punkti*

$$E = \frac{Pt_{nakts}}{\eta} = \frac{200W \cdot 8h}{0.7} = 2285Wh = 2.285kWh$$

$$S = \frac{Pt_{diena} + E}{t_{diena}I_s\eta_{paneli}} = \frac{300W \cdot 16h + 2285Wh}{16h \cdot 1000W/m^2 \cdot 0.21} = 2.1m^2$$

Demonstrējums: Zvejnieks un viņa dīķis 9 punkti

Šo demonstrējumu Jāierodas noskatīties norādītajā telpā norādītajā laikā. Nokavējot ierašanos, demonstrējumu var noskatīties rezerves laikā, bet tad nav iespējams dabūt maksimālos punktus. Uz demonstrējumu drīkst ierasties 2 pārstāvji no komandas.



Izskaidro!

A1 Kāpēc, lai gan laivas blīvums (ρ_l) ir lielāks par ūdens blīvumu (ρ_u), tā negrimst? *3 punkti*

Laivas peldēšanu virs ūdens nodrošina Arhimēda spēks, kas ir atkarīgs no materiāla blīvuma. Visiem ir labi zināms, ka par ūdeni blīvākas lietas grimst. Bet kādēļ tad laivas, kuru blīvums (ρ_l) ir lielāks par ūdens blīvumu (ρ_u) negrimst? Tas ir tādēļ, ka laivas efektīvais blīvums (jeb blīvums, ko redz ūdens un kas ir vidējais blīvums ķermeņa daļai, kura izspiež ūdeni) patiesībā ir mazāks par ūdens blīvumu, jo daļa no laivas tilpuma zem ūdens ir gaiss un koks. Tas ir līdzīgi kā baloni peld virs ūdens, pat ja to veidojošās gumijas blīvums ir lielāks par ūdens blīvumu.

A2 Kāpēc ūdens līmenis tā izmainījās, kad tajā no laivas tika iemests koka gabals? *3 punkti*
Lai šo izskaidrotu, ieviesīsim apzīmējumus betona klucīša blīvumam ρ_b un koka klucīša blīvumam ρ_k, klucīšu tilpumiem V, ko varam pieņemt kā vienādus, kā arī kopējam izspiestajam ūdens tilpumam (jeb tilpumam zem ūdens) V_i, kas ir proporcionāls ūdens līmenim, kā arī tilpumam ūdens, ko individuāli izspiež betona klucītis V_b un koka klucītis V_k. Tā kā līdzsvara stāvoklī Arhimēda spēks ir vienāds ar abu klucīšu svaru, izriet, ka

$$\rho_u V_i g = (\rho_b V + \rho_k V) g$$

un attiecīgi izspiestais ūdens tilpums ir

$$V_i = \frac{\rho_b V + \rho_k V}{\rho_u} = \frac{\rho_b V}{\rho_u} + \frac{\rho_k V}{\rho_u} = V_b + V_k$$

Ja mēs klucīti ieliekam ūdenī, tad spēku līdzsvara vienādojums tam ir:

$$\rho_u V_k g = \rho_k V g$$

un līdz ar to

$$V_k = \frac{\rho_k V}{\rho_u}$$

kas ir tieši tik pat cik tā klātbūtne ietekmēja izspiesto ūdens tilpumu iepriekš, attiecīgi ūdens līmenis nemainās.

A3 Kāpēc ūdens līmenis tā izmainījās, kad tajā no laivas tika iemests betona gabals? *3 punkti*
Sākotnēji iznākums, ka, ja no laivas iemet betona klucīti ezerā, tā ūdens krītas, nevis ceļas var likties

nedaudz pārsteidzošs. Taču mēs varam šo izskaidrot ar jau iepriekš izvesto vienādojumu, par to kā katra klucīša svars individuāli ietekmē ūdens līmeni. Šajā gadījumā klucītis izspiež ūdens tilpumu, kas vienāds ar tā paša tilpumu

$$V_b = V$$

Iepriekš tas izspieda tilpumu, kas vienāds ar

$$V_b = \frac{\rho_b}{\rho_u} V$$

un, salīdzinot abus tilpumus, mēs varam secināt, ka izspiestais ūdens tilpums, iemērcot betona klucīti ūdenī, ir mazāks, jo

$$1 < \frac{\rho_b}{\rho_u}$$

Eksperiments: Šūpoles 40 punkti

Klasiskais fizikas uzdevums ar šūpolēm un diviem spēkiem? Dokumentē darba gaitu, uzskatāmi veic nepieciešamos aprēķinus, datu analīzi un eksperimenta izvērtēšanu, kā arī secinājumus.

Dots: Neregulāras formas ķermenis, atsvars ar zināmu masu ($m = 21,4 + / - 0,1$ g), atbalsta prizma, diegs, trauks ar ūdeni.

Praktiski padomi:

1) Trauks ar ūdeni novietojams uz grīdas blakus galda malai tā, lai neregulārās formas ķermeni gar galda malu svēršanas laikā var iekārt traukā ar ūdeni. Sekojiet līdzi, lai veicot svēršanu ūdenī kartupelis būtu pilnībā iegremdēts ūdenī un lai tas karātos iesiets diegā un neatbalstītos pret trauka dibenu.

2) Jebkuras šķirnes kartupelis slīkst saldūdenī, taču, ja ūdenī izšķīdina sāli, ūdens blīvums palielinās un kartupelis sāk peldēt. Mājsaimniecībās kartupeli izmanto kā mērinstrumentu gaļas sālīšanas šķidruma sagatavošanai. Ūdenim piejauc sāli tik daudz, lai kartupelis uzpeld un šādā sālsūdenī var sālīt gaļu.

A1 Pieņemiet, ka lineāls ir svira, kura masa ir koncentrēta vienā punktā-lineāla līdzsvara centrā. Noteikt lineāla masas centra atrašanās vietu un noteikt lineāla svaru. *7 punkti*

Atrodam līdzsvara stāvokli un atzīmējam to uz lineāla. Pret šo atzīmi būs jāveic sviras plecu mērījumi. Atzīme ievieš 1 milimetru neprecizitāti.

Uzliekam lineāla vienā galā uzgriezni ar zināmu svaru un nobalansējam lineālu. Nomērām attālumu no atbalsta punkta līdz lineāla masas centram un līdz uzgriežņa viduslīnijai. Katra pleca mērījuma precizitāte ir 2 mm. (viens mm katrā galā).

$$F_1 L_1 = F_2 L_2$$

$$F_1 = 0,21 \pm 0,001\text{N}; F_1 = 12,2 \pm 0,2cm; L_2 = 8,2 \pm 0,2\text{cm}$$

Izrēķinām $F_2 = 0,312N$. Kļūdas novērtēšanai viena mērījuma gadījumā tiek izmantota vidējā kvadrātiskā metode, kas dod ticamu kļūdas novērtēšanas rezultātu, ja aprēķinā izmantoto fizikālo lielumu relatīvā kļūda ir salīdzinoši neliela.

Kļūda = kvadrātsakne no parciālkļūdu kvadrāta.

1. tabula: Lineāla svara aprēķins

		Vērība	Absolūtā kļūda	F2 =F(deltaF1)	F2 =F(deltaL1)	F2 =F(deltaL2)
Kreisais plecss	F1	0.210	0.001	0.210	0.210	0.210
Kreisais plecss	L1	12.20	0.200	12.20	12.40	12.20
Labais plecss	F2	0.312	0.009	0.313	0.317	0.305
Labais plecss	L2	8.20	0.200	8.20	8.20	8.40
Parciālkļūda				0.0015	0.0051	- 0.0074

Absolūtā kļūda: 0.009N. Lineāla svars ir 0.312 ± 0.009N (relatīvā kļūda 2,9%)

A2 Noteikt neregulāras formas ķermeņa svaru gaisā un svaru ūdenī. No mērījumu rezultātiem aprēķināt Arhimēda cēlējspēku, kas darbojas uz neregulāras formas ķermeni ūdenī, pieņemot, ka Arhimēda cēlējspēks gaisā, diega masa un tilpums ir mazi un vērā neņemami. *15 punkti*

Svars gaisā

$$F_1L_1 = F_2L_2 + F_3L_3$$

$$L_1 = 11,4 \pm 0,2cm; L_2 = 9,4 \pm 0,2cm; F_2 = 0,312 \pm 0,014N; L_3 = 31,6cm; F_3 = 0,21 \pm 0,001N$$

$$=> F_1 = 0,839N$$

Novērtējot precizitāti līdzīgi kā piemērā augstāk

2. tabula: Kartupeļa svara aprēķins gaisā

		Vērība	Absolūtā kļūda	F2 =F(deltaF1)	F2 =F(deltaL1)	F2 =F(deltaL2)	F2 =F(deltaL2)	F2 =F(deltaL2)
Kreisais plecss	F1	0.839	0.0202	0.854	0.827	0.833	0.836	0.835
Kreisais plecss	L1	11.4	0.2	11.20	11.40	11.40	11.40	11.40
Labais plecss	F2	0.312	0.014	0.312	0.30	0.312	0.312	0.312
Labais plecss	L2	9.4	0.2	9.4	9.4	9.20	9.4	9.4
Labais plecss	F3	0.210	0.001	0.210	0.210	0.210	0.21	0.210
Labais plecss	L3	31.6	0.2	31.6	31.6	31.6	31.6	31.40
Parciālkļūda				0.015	- 0.012	- 0.0055	- 0.0028	- 0.0037

Absolūtā kļūda: 0,02N. Kartupeļa svars gaisā ir $0.84 \pm 0,02$N (relatīvā kļūda 2,4%)

Kartupeļa svars gaisā ir parametrs, kas ir noteikts ar viszemāko relatīvo kļūdu. Tas ir tāpēc ka precizitāti ierobežo puse no lineāla mazākās iedaļas un uzgriežņa svara noteikšanas precizitāte, kas ir fiksēti absolūtās kļūdas lielumi. Jo lielāku vērtību mēs nosakām ar fiksētu absolūto precizitāti, jo mazāka ir relatīvā kļūda. Starp citu, lineāla svars ir noteikts mazāk precīzi nekā uzgriežņa svars, tāpēc labāku precizitāti varētu iegūt novietojot lineālu uz atbalsta tā masas centrā.

Svars ūdenī

Uzdevums mazliet prasa roku veiklību, lai vienlaicīgi nobalansētu sviru un kontrolētu, lai kartupelis ir viss iegrimis ūdenī un nepieskaras pie trauka dibena.

$$F_1L_1 + F_2L_2 = F_3L_3$$

$$L_1 = 27,1 \pm 0,2cm; L_2 = 6,4 \pm 0,2cm; F_2 = 0,312N \pm 0,014L_3 = 15,9cm; F_3 = 0,21 \pm 0,001N$$

$$=> F_1 = 0,04953N$$

3. tabula: Kartupeļa svara aprēķins ūdenī.

		Vērība	Absolūtā kļūda	F2 =F(deltaF1)	F2 =F(deltaL1)	F2 =F(deltaL2)	F2 =F(deltaL2)	F2 =F(deltaL2)
Kreisais plecss	F1	0.0495	0.00437	0.0499	0.0528	0.0518	0.0489	0.0479
Kreisais plecss	L1	27.1	0.2	26.90	27.1	27.1	27.1	27.1
Kreisais plecss	F2	0.312	0.014	0.312	0.30	0.312	0.312	0.312
Kreisais plecss	L2	6.4	0.2	6.4	6.4	6.20	6.4	6.4
Labais plecss	F3	0.210	0.001	0.21	0.21	0.21	0.21	0.210
Labais plecss	L3	15.9	0.2	15.9	15.9	15.9	15.9	15.70
Parciālkļūda				0.00037	0.0033	0.0023	- 0.00059	- 0.0015

Absolūtā kļūda: 0,004N. Kartupeļa svars ūdenī ir $0,050 \pm 0,004$N (relatīvā kļūda 8%)

Kartupeļa svēršanai ūdeni būtu jāizmanto cita metode, jo kartupelis gandrīz peld un tā svars tikai par kārtu atšķiras no mērījuma precizitātes, Ko nodrošina šī mērīšanas tehnoloģija. Pie šādas kļūdas, kļūdas aprēķinā izmantota vidējā kvadrātiskā metode dod neprecīzu rezultātu.

Arhimēda cēlējspēks

Arhimēda cēlējspēks, kas darbojas uz kartupeli ūdenī ir starpība starp kartupeļa svaru ūdenī un gaisā. 3 Ņūtona likums.

$$F_a = F_g - F_u = 0,84 - 0,050 = 0,79N$$

Līdzīgi novērtējam precizitāti: Absolūtā kļūda 0,07N Arhimēda cēlējspēks ir $0,790 \pm 0,07$N Relatīvā

4. tabula: Arhimēda cēlējspēka aprēķini.

		Vērība	Absolūtā kļūda	F2 =F(deltaF1)	F2 =F(deltaL1)
Arhimēda cēlājspeksreisais plecss	Fa	0.790	0.004	0.810	0.786
Svars gaisā	F2	0.840	0.020	0.86	0.84
Svars ūdenī	F2	0.050	0.004	0.05	0.05
Parciālkļūda				-	0.00

kļūda 9%

A3 Noteikt neregulāras formas ķermeņa tilpumu, ūdens blīvums $\rho = 1000$ kg/m3, $g = 9,81$m/s^2. *3 punkti*

$$F_a = \text{izspiestā ūdens svars} = m_{ūdens}g = V\rho_{ūdens}g$$

$$V = \frac{F_a}{\rho_{ūdens}g} = \frac{0,790}{1000 \cdot 9,81} = 0,0000806122m^3 = 80,6122cm^3$$

Kartupeļa tilpums ir $80,6 \pm 7$ ml Relatīvā kļūda 9%

A4 Noteikt neregulāras formas ķermeņa blīvumu. *5 punkti*

$$\rho_{kartupelis} = m/V = F_g/g/V = 0,839/0,0000806/9,81 = 1062,37kg/m^3$$

Novērtējam precizitāti: - Absolūtā kļūda 89 kg/m3

5. tabula: blīvuma aprēķini.

		Vērība	Absolūtā kļūda	F2 =F(deltaF1)	F2 =F(deltaL1)
Kartupeļa blīvums	Fa	1 062	88.6	1 088	977.5
Svars gaisā	F2	0.840	0.020	0.86	0.84
Tilpums	F2	80.6	7.0	80.6	87.6
Parciālkļūda				- 25.3	84.9

- Kartupeļa blīvums ir 1060 ± 89kg/m^3

- Relatīvā kļūda 89/1062= 8%

A5 Izdarīt secinājumus par veikto mērījumu precizitāti. Novērtēt precizitāti ar kādu var noteikt sviras pleca garumus. Kurš no aprēķināmajiem parametriem tika noteikts ar vismazāko relatīvo kļūdu, kāpēc. Kurš no aprēķināmajiem parametriem tika noteikts ar vislielāko relatīvo kļūdu, kāpēc. Kura aprēķināmā parametra noteikšanas precizitāti būtu jāpalielina, lai varētu iegūt augstāku precizitāti, ar kuru tika noteikts kartupeļa blīvums. *10 punkti*

Secinājumi

- Aprēķin rezultāta konstatējām, ka kartupeļa blīvums ir robežās starp 971 un 1149 kg/m^3, taču eksperimentā konstatējam, ka kartupelis ūdenī grimst, respektīvi tā blīvums ir lielāks par 1000kg/m^3
- Atbilde, kartupeļa blīvums ir 1060kg/m^3 un mērījumu precizitātes robežas ir nesimetriskas, intervāla 1000-1149 kg/m^3.