Fizikas Komandu Olimpiāde 2021./22.

2. kārtas uzdevumu atrisinājumi

8. un 9. klašu komplekts

Mūsu ģenerālsponsors

Mūsu sponsori

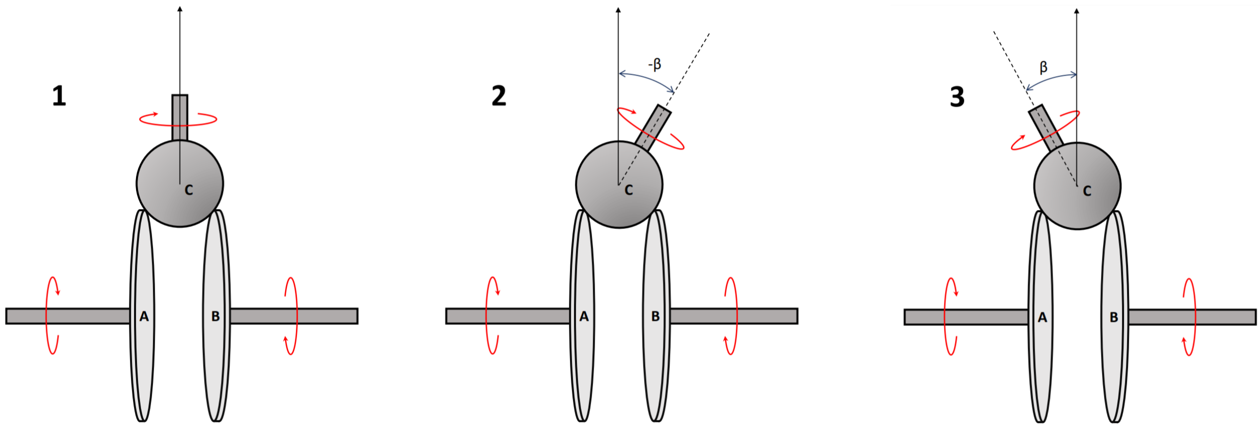
2022. g. 20. marts

Pastāvīgi Mainīga Transmisija **6 punkti**

Iekšdedzes dzinējiem ir ierobežots rotācijas ātrums, un, lai dzinēju varētu pielietot plašākām rotācijas ātrumu amplitūdām, izmanto transmisijas. Visbiežāk transportlīdzekļos izmanto ātrumkārbas ar noteiktu skaitu pārnesumu, kur katram pārnesumam ir sava zobratu attiecība. Taču eksistē arī tā saucamās pastāvīgi mainīgas transmisijas, kurās rotācijas ātrumu attiecību var brīvi un nepārtraukti mainīt noteiktā diapazonā.
Šajā uzdevumā tiek apskatīts pastāvīgi mainīgas transmisijas mehānisms, kas sastāv no trīs galvenajiem elementiem: ievades diska A, kurš ir savienots ar dzinēju, izvades diska B, un lodes C. Lodes C rotācijas asi var mainīt lapas plaknē, un leņķis, ko lodes C rotācijas ass veido ar vertikālo asi ir β, pret-pulksteņa rādītāja virziens tiek ņemts par pozitīvo. Diski un lode savā starpā neslīd.

A: Kurā no dotajiem gadījumiem diska B rotācijas ātrums ω_B būs vislielākais, ja diska A rotācijas ātrums nemainās? *2 punkti*

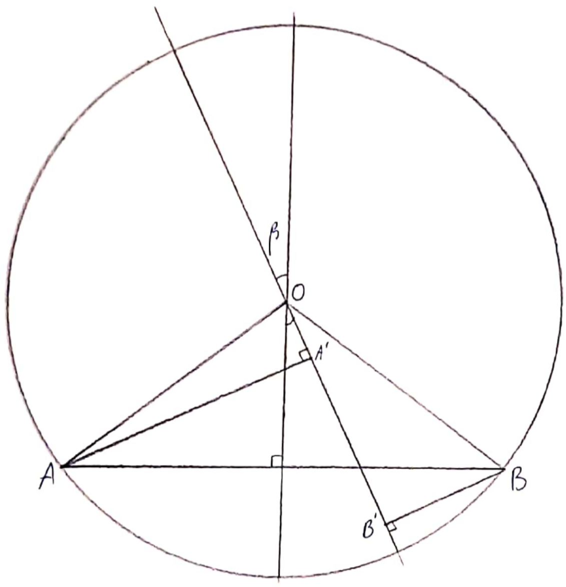
1. $\beta = 0$
2. $\beta < 0$
3. $\beta > 0$



B: Dots, ka disku diametrs D_A=D_B=50 cm, lodes C diametrs D_C=20 cm un attālums starp diskiem d=15 cm. Leņķis starp lodes rotācijas asi un vertikāli ir $\beta = +20°$. Kāda ir attiecība starp izvades un ievades disku rotācijas ātrumiem $\frac{\omega_B}{\omega_A}$ *4 punkti*

Atrisinājums

A:
Pie noteikta lodes C leņķiskā ātruma ω_C, ātrums pieskares punktā ir proporcionāls attālumam no rotācijas ass. Gadījumā 1 šie attālumi ir vienādi, tādēļ ievades un izvades diski rotēs ar vienādu ātrumu. 2. gadījumā ievades diskam attālums no pieskaršanās punktam līdz rot. asij ir mazāks nekā izvades diskam, tādēļ ievades disks rotēs lēnāk nekā izvades. Gadījums 3 ir pretējs. Pareizā atbilde ir gadījumā 2 ($\beta < 0$).
B:



Sāksim ar zīmējumu: , kur $\beta = 20°$, punkti A un B ir attiecīgi disku A un B pieskaršanās punkti, un O ir lodes C centrs. No tā seko, ka

$$AO = OB = \frac{D_C}{2} = 10cm$$
$$AB = 15cm$$

no cosīnusu teorēmas:

$$AB^2 = AO^2 + OB^2 + AO \cdot OB \cdot cos(\angle AOB)$$
$$cos(\angle AOB) = \frac{AO^2 + OB^2 - AB^2}{AO \cdot OB} = -0.25$$
$$\angle AOB = 105.5°$$

no trijstūra AoA':

$$\angle AOA' = \frac{\angle AOB}{2} + 20 = 72.3°$$
$$AA' = AO \cdot sin(\angle AOA') = 9.5cm$$

no trijstūra BoB':

$$\angle BOB' = \frac{\angle AOB}{2} - 20 = 32.3°$$
$$BB' = BO \cdot sin(\angle BOB') = 5.3cm$$
$$\frac{\omega_B}{\omega_A} = \frac{BB'}{AA'} = \frac{5.3}{9.5} = 0.56$$

E-pasts vecmāmiņai 5 punkti

Uzdevums no olimpiādes galvenā atbalstītāja TET. Optisko šķiedru kabeļi bieži tiek izmantoti komunikāciju nolūkiem. Optiskajās šķiedrās gaisma izplatās, pilnīgi atstarojoties no šķiedras sieniņām, tādējādi nodrošinot signāla kvalitāti uz lieliem attālumiem. Optiskā šķiedra sastāv no serdes, pa kuru izplatās gaisma, un no caurspīdīga apvalka.

Šajā uzdevumā tiks apskatīta optiskā šķiedra ar garumu $l = 220$ km no Rīgas līdz Liepājai. Dots, ka optiskās šķiedras serdes diametrs $d = 10\,\mu\text{m}$ un apvalka biezums $t = 50\,\mu\text{m}$, B un C punktā pieņemt, ka šķiedras taisnajā daļā gaismas stara krišanas leņķis ir 75°. Gaismas ātrums optiskās šķiedras serdē ir 64% no gaismas ātruma vakuumā, bet apvalka materiālā: 70% no gaismas ātruma vakuumā.

A: Kādos leņķos var ceļot gaismas stars, lai nebūtu gaismas zudumu (un notiktu pilnīga iekšēja atstarošanās)? *1.5 punkti*

Vispirms aprēķinam gaismas laušanas koeficientu abās vidēs

$$n_{serde} = c/v_{serde} = \frac{100\%}{64\%} = 1.56$$

$$n_{apvalks} = c/v_{apvalks} = \frac{100\%}{70\%} = 1.43$$

Robežgadījums, kad vēl notiks pilnīga iekšējā atstarošanās un nebūs zudumi, būs, kad lauztais stars kritīs 90°, sanāk $sin(\alpha) = 0.91$ un $\alpha = 66.1°$.

$$n_{apvalks} sin(90°) = n_{serde} sin(\alpha)$$

Atbilde: Ja gaismas stara krišanas leņķis būs lielāks vai vienāds par 66.1° notiks pilnīga iekšējā atstarošanās un nebūs zudumi signālā

B:(Netika ielikts olimpiādē) Cik ilgā laikā šis stars noceļotu no Rīgas līdz Liepājai? *0 punkti*

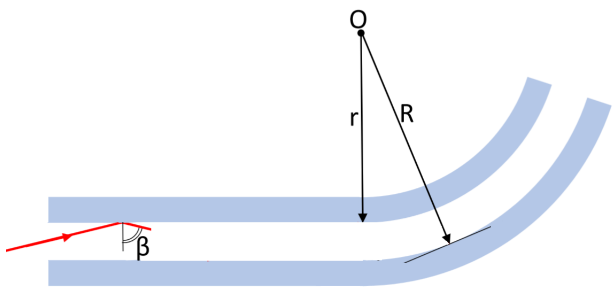
Svarīgi pamanīt, ka stars ceļos lēnāk nekā gaismas ātrums un garāku ceļu, jo vienmēr būs ceļos leņķī.

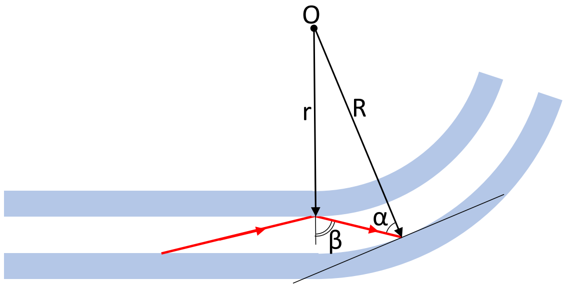
$$v = c/n_{serde}$$

$$L = l/sin(75°)$$

$$t = L/v = \frac{l\ n_{serde}}{c\ sin(75°)} = \frac{220 \cdot 10^3 \cdot 1.56}{3 \cdot 10^8 \cdot sin(75°)} = 1.18 \cdot 10^{-3}\text{s} = 1.18ms$$

C: Montējot optisko kabeli, izrādījās, ka nepieciešams to izliekt. Kāds ir mazākais izliekuma iekšējais rādiuss, lai, staram pirmo reizi iespīdot līkumā, tas neizkļūtu ārā no šķiedras serdes? *3.5 punkti*





Pirmo reizi līkumā atstarojoties pret iekšējo malu, krišanas leņķis paliks lielāks un signāla zudumu nebūs, tāpēc apskatīsim, gadījumu, kad pirmo reizi atstarojas pret ārējo malu. Robežgadījums attēlots augšējā zīmējumā, kur $\alpha = 66.1°$ no A punkta. No sinusu teorēmas:

$$\frac{sin(180° - \beta)}{R} = \frac{sin(\alpha)}{r}$$

$$R = r + d$$

$$r = \frac{dsin(\alpha)}{sin(180° - \beta) - sin(\alpha)} = \frac{10 \cdot 10^{-6} sin(66.1°)}{sin(180° - 75°) - sin(66.1°)} = 17.7 \cdot 10^{-5} m = 0.177mm$$

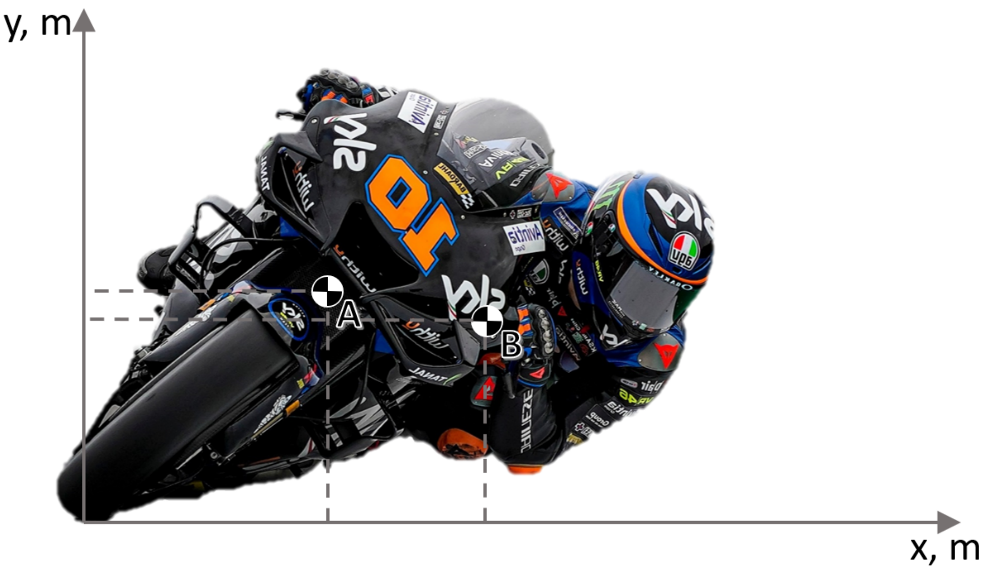
Ja iekšējā rādiusa aprēķināšanā ņemts vērā vada biezums, tad atbilde sanāk $0.177 - 0.05 = 0.127mm$.

Skaitliski mazā atbilde visticamāk nozīmē, ka liekuma rādiuss nav būtisks ietekmes faktors. Lielāka problēma būtu vada salūšana, pārlūšana to tik ļoti salokot.

Es gribu motociklu 13 punkti

A: Dots iekšdedzes dzinējs, kura vidējais spēka moments ir 90 Nm (šāds dzinējs varētu tikt izmantots, piemēram, sacīkšu motociklos). Kāda ir dzinēja jauda pie 15 000 apgriezieniem minūtē? *1.5 punkti*

B: Šajā apakšpunktā tiek apskatīts motociklu sacīkšu braucējs, braucot līkumā. Zināms, ka, cenšoties sasniegt vislabāko rezultātu, braucējs saliecas līdz nokrišanas robežai, tas ir, šādā līkumā nav iespējams sasvērties vairāk, nenokrītot. Motocikla attēls, kā arī koordinātu sistēma, ir doti attēlā.



B1: Zināms, ka motocikla masas centrs atrodas punktā $A = (0.4; 0.4)$, bet motociklista masas centrs ir punkts $B = (0.7; 0.35)$. Motocikla masa ir 176 kg, bet pats motociklists sver 72 kg.
Kādas ir motocikla un braucēja kopējā masas centra koordinātes? *1.5 punkti*

B2: Kāds ir berzes koeficients μ_s starp riepām un asfaltu? *2 punkti*

B2: Vai šajā situācijā starp riepām un asfaltu ir statiskā vai dinamiskā berze? Kāpēc? *2 punkti*

B3: Dots, ka motocikla trajektorija ir riņķa līnijas loks ar rādiusu $R = 50$ m. Kāds ir lielākais ātrums V_{max}, ar kādu motociklists var izbraukt šādu līkumu? *2 punkti*

B4: Kā izmainīsies maksimālais ātrums līkumā, ja sacīkšu komandas inženieri samazinātu motocikla masu par 50 kg? *2 punkti*

B5: Par cik procentiem samazināsies maksimālais ātrums līkumā, ja, sacīkšu dienā uzlijot lietum, berzes koeficients starp riepu gumiju un asfaltu samazinās uz pusi? *2 punkti*

Atrisinājums

A: Ir dots, ka vidējais spēka moments ir 90 Nm, nosauksim to par M. Zināms, ka spēka padarītais darbs $A = F \cdot s$, kur F ir spēks, kas dara darbu, un s ir attālums, kuru tas spēks noiet. Pieņemsim, ka dzinēja kloķvārpstas rādiuss ir R.

$$F = M/R \qquad un \qquad s = 2\pi R$$

No tā izriet, ka padarītais darbs A vienā apgriezienā ir

$$A = Fs = \frac{2\pi MR}{R} = 2\pi M$$

Un dzinēja jauda ir padarītais darbs vienā apgriezienā reiz apgriezienu skaits sekundē f.

$$f = apgr./min.\ 60 = 250s^{-1}$$

$$P = Af = 2\pi Mf = 141.4kW$$

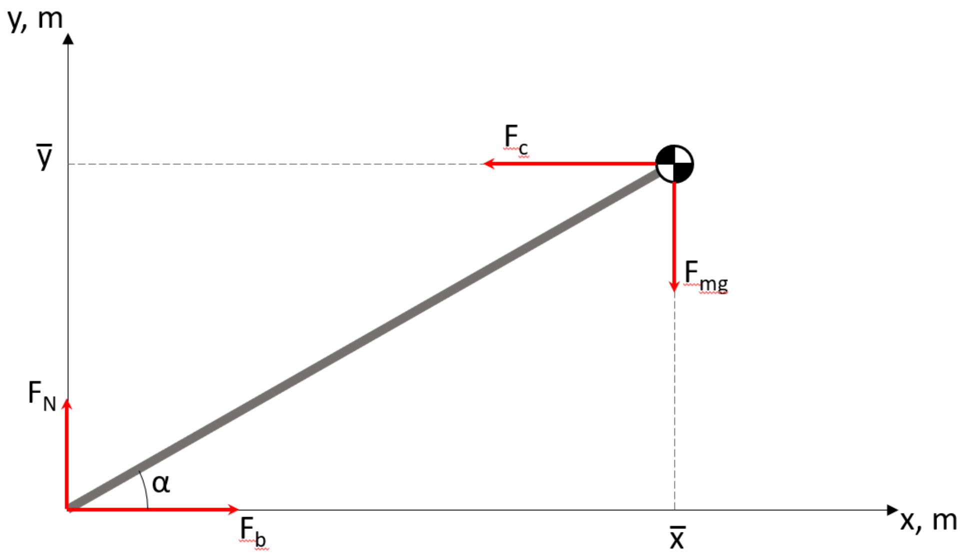
B1:
Kopējā masas centra koordinātes nosaka, paņemot svērto vidējo aritmētisko, kur šajā gadījumā elemnta aritmētiskais svars ir arī tā fiziskais svars (vai masa). Masas centra x coordināte nav atkarīga no tā y koordinātes, tāpēc tās var apskatīt atsevišķi. Matemātiski to apraksta šādi:
(motāpzīmēs motocikla parametrus, "br braucēja vērtības)

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i} = \frac{x_{mot} m_{mot} + x_{br} m_{br}}{m_{mot} + m_{br}} = 0.487m \tag{1}$$

Līdzīgi masas centra y coordināte ir

$$\overline{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i} = \frac{y_{mot} m_{mot} + y_{br} m_{br}}{m_{mot} + m_{br}} = 0.385m \tag{2}$$

B2:
Tagad mēs varam modelēt motociklu kā masas punktu un bezmasas stieni, kas savieno masas centru ar riepas pieskaršanās punktu (skat. zīmējumā)



$\overline{x}$ un $\overline{y}$ ir attiecīgi masas centra x un y coordinātes, noskaidrotas apakšpunktā **B1**. F_{mg} ir svars, F_N ir virsmas reakcijas spēks un F_b ir berzes spēks. ! Izvēlētā motociklam pakārtotā atskaites sistēma ir neinerciāla, jeb tai ir paātrinājums attiecībā pret nekustīgu atskaites sistēmu. Tādējādi šādā atskaites sistēmā jāievieš vēl viens spēks, centrbēdzes spēks F_c. Tā kā izvēlētajā atskaites sistēmā motocikls nepaātrinās (jo sistēma ir pakārtota motociklam), zināms, ka visu spēku summa abos virzienos ir 0, jeb $F_c = F_b$ un $F_N = F_{mg}$. Zināms arī, ka berzes spēks $F_b = \mu F_N$, kur μ ir berzes koeficients. Ir arī dots, ka motocikls nerotē x-y plaknē. Apskatot rotāciju ap koordinātu sākumpunktu, seko, ka

$$F_c\overline{y} - F_{mg}\overline{x} = 0$$

$$\mu F_N\overline{y} = F_N\overline{x}$$

$$\mu = \frac{F_N\overline{x}}{F_N\overline{y}} = \frac{\overline{x}}{\overline{y}} = 1.26$$

B2:
Tā kā riepu un asfalta virsmas savstarpēji neslīd, šajā gadījumā novērojama statiskā berze.
B3:
Tagad jāapskatās nekustīga (trases) atskaites sistēma. Tagad centrbēdzes spēks neeksistē, un motociklam ir paātrinājums $a = F_b/m$ līkuma centra virzienā. Šo sauc par centrtieces paātrinājumu. Centrtieces paātrinājumu apraksta arī ar formulu $a = \frac{V^2}{R}$.

$$a = \frac{F_b}{m} = \frac{\mu F_N}{m} = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$$

$$a = \frac{V^2}{R}$$

$$V = \sqrt{aR} = \sqrt{\mu g R} = 24.86 m/s$$

B4 Apskatoties pēdējo vienādojumu, $V = \sqrt{\mu g R}$, var izsecināt, ka maksimālais ātrums līkumā ir neatkarīgs no motocikla masas.
B5

$$V_2 = \sqrt{\mu_2 g R} = \sqrt{0.5}\sqrt{\mu g R} = \sqrt{0.5}V = 17.58 m/s$$

$$\frac{V - V_2}{V_2} = 0.293 = 29.3\% \tag{3}$$

Kārtējais laistīšanās uzdevums 7 punkti

Lielā traukā ar ūdeni gaismas laušanas koeficients ir $n = 1.3$. Tad traukā tiek piebērts pulveris, kurs noslāņojas trauka apakšējā daļā, kur gaismas laušanas koeficients $n = 1.6$, tā ka trauka augšējā malā gaismas laušanas koeficient vēl joprojām ir 1.3 un pāreja līdz 1.6 notiek vienmērīgi. Veicot skices vari pieņemt ka krišanas leņķis ir 60°.

A: Uzskicē gaismas stara ceļu, ja pāreja no vides $n = 1.3$ uz $n = 1.6$ notiktu pēkšņi. Norādi svarīgos leņķus. *1.5 punkti*

B: Uzskicē gaismas stara ceļu, ja pāreja no vides $n = 1.3$ uz $n = 1.6$ notiek vienmērīgi. Norādi svarīgos leņķus. Kāpēc gaismas ceļš būs tieši šāds? *3 punkti*

C: Uzskicē gaismas stara ceļu, ja pulveris noslāņojas šķidruma augšā - t.i. pāreja notiek no $n = 1.6$ uz $n = 1.3$. Norādi svarīgos leņķus. *2.5 punkti*

Gaismas laušana. Vides un krišanas leņķi saista sekojošā formula.

$$n_1 sin(\gamma_1) = n_2 sin(\gamma_2)$$

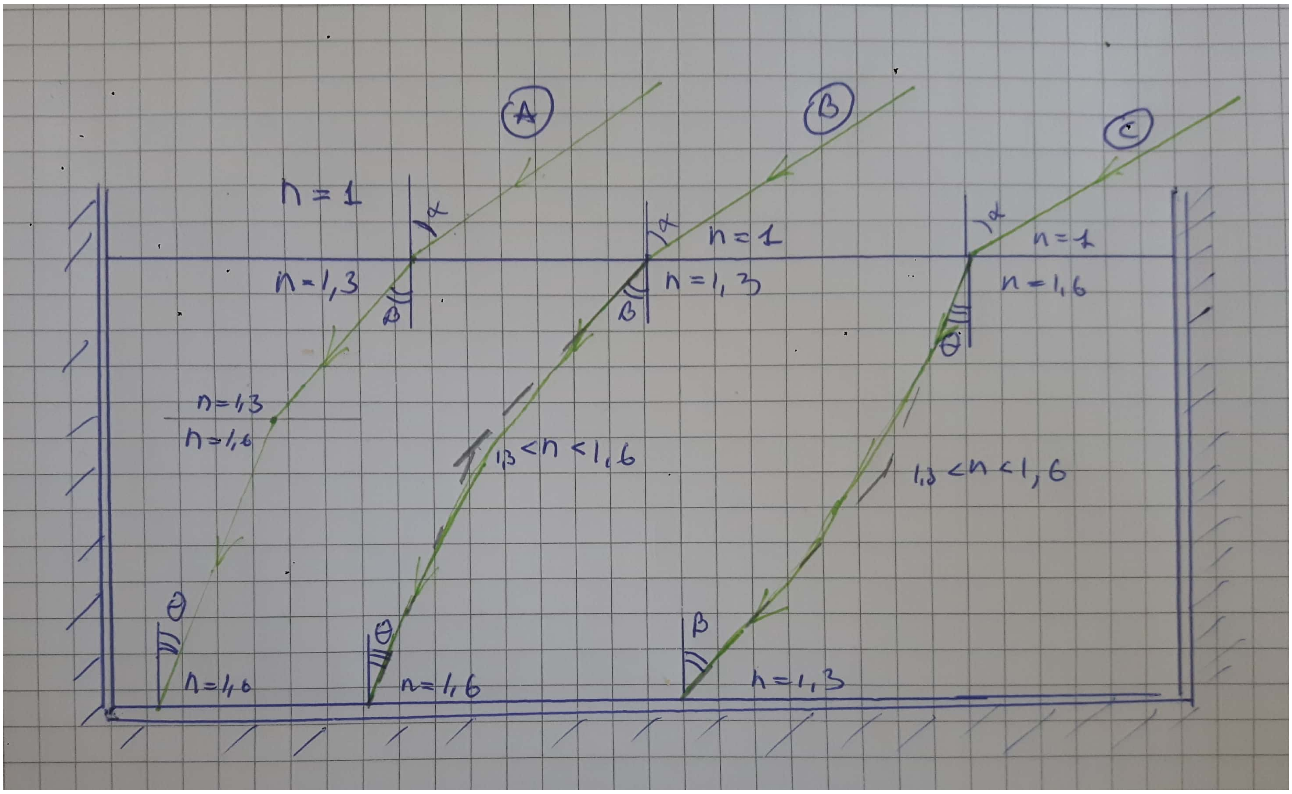
Staram kustoties cauri vairākām vidēm, kur gaismas laušanas koeficients ir atkarīgs tikai no augstuma $n_1 sin(\gamma_1)$ būs konstant.

$$const. = n_1 sin(\gamma_1) = n_2 sin(\gamma_2) = n_3 sin(\gamma_3) = ...$$

Vienmērīgajā gadījumā varam iedomāties, ka stars maina vidi vairākas reizes, kur $n_1 sin(\gamma_1)$ paliek nemainīgs. Krišanas leņķis traukā nebūs atkarīgs no stara gaitas, bet no gaismas laušanas koeficienta trauka apakšā, kas ir zināms $n = 1.6$. **C** gadījumā risinājums ir tāds pats, tikai ar samanītiem koeficientiem.

Atbildē ir svarīgi saprast, ka **A** un **B** gadījumi būs līdzīgi, ar vienādiem krišanas leņķiem tuvu pie virsmas un trauka apakšas, kā arī, ka **B** un **C** gadījumos nebūs redzamas stara lūzuma vietas iekšā traukā.

Atbilde izskatās šādi, kur ja $\alpha = 60°$, tad $\beta = 41.7°$ un $\theta = 32.7°$.

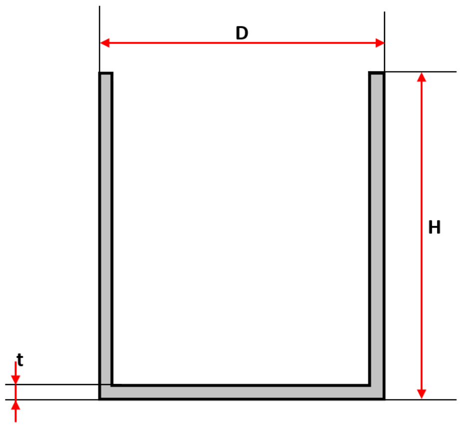

A
B
C
n = 1
n = 1,3
n = 1,3
n = 1,6
n = 1,6
n = 1
n = 1,3
n = 1,6
n = 1
n = 1,6
1,3 < n < 1,6
1,3 < n < 1,6
n = 1,6
n = 1,3

Pelmeņu katls 11 punkti

Alberts nesen sāka studijas un pārvācās uz studentu kopmītni. Diemžēl kopmītnē nav tējkannas, un vienīgie trauki, kas kopmītnē ir pieejami, ir liels metāla katls un maza metāla krūze. Alberts izlēma sev uztaisīt pelmeņus katlā un tēju krūzē, uzliekot lielo katlu uz plīts, bet mazo krūzi ar tēju ievietojot lielajā katlā.

Vienkāršības labad var pieņemt, ka abos traukos ir tīrs ūdens ar nemainīgu blīvumu $\rho_u = 1\,\mathrm{g/cm^3}$. Abi trauki ir veidoti no dzelzs, kura blīvums $\rho_{dz} = 7.85\,\mathrm{g/cm^3}$. Katliņa izmēri un tilpums ir stipri lielāki nekā krūzītei, un krūzīte atrodas tālu no katla sieniņām un peld katlā esošajā ūdenī. Termiskās izplešanās efektus var neņemt vērā. Pieņemt, ka krūze paliek vertikālā stāvoklī.

A: Krūzīti var aproksimēt kā dobu cilindru. Cilindra dimensijas ir dotas zīmējumā, ārējais diametrs $D = 12\,\mathrm{cm}$, augstums $H = 16\,\mathrm{cm}$, sieniņu biezums $t = 3\,\mathrm{mm}$. Būdams inženierijas students, Alberts aizdomājās par sakarībām starp ūdens līmeņiem lielajā katlā un krūzē.



A1: Kurš no dotajiem apgalvojumiem ir patiess? *1.5 punkti*

1. Ūdens līmenis krūzē būs vienāds ar ūdens līmeni katlā
2. Ūdens līmenis krūzē būs augstāks par ūdens līmeni katlā
3. Ūdens līmenis katlā būs augstāks par ūdens līmeni krūzē
4. Nevar noteikt no dotās informācijas

A2: Kāds ir maksimālais ūdens tilpums, ko var ieliet krūzē, pirms tā nogrims un Alberts sabojā savas vakariņas? *2 punkti*

A3: Vai eksistē tāda krūze, kuru šādā situācijā varēs piepildīt pilnu līdz malām, tai nenogrimstot? Ja atbilde ir jā, tad kādiem nosacījumiem jāizpildās. *2 punkti*

B: Ticis galā ar ūdens daudzumiem, Alberts ķērās klāt pie pelmeņu vārīšanas. Katls tiek uzlikts uz plīts un sākts sildīt, līdz ūdens lielajā katlā sāk vārīties.

B1: Kurš no šiem apgalvojumiem ir patiess? Kāpēc? *3.5 punkti*

1. Ūdens krūzē sāks vārīties pirms ūdens lielajā katlā
2. Ūdens krūzē sāks vārīties pēc ūdens lielajā katlā
3. Ūdens krūzē nesāks vārīties
4. Nevar noteikt no dotās informācijas

B2: Kāda ir ūdens temperatūra krūzē pēc tam, kad ūdens katlā sāka vārīties? *2 punkti*

Atrisinājums

A1:
Zināms, ka, lai Arhimēda spēks varētu noturēt ķermeni peldot, izspiestā ūdens masai ir jābūt vienādai ar ķermeņa masu. Jebkuram ķermenim peldot, iegrimušās daļas blīvumam ir jābūt mazākam nekā šķidruma blīvumam, jo izspiestā ūdens masai jābūt vienādai ar gan iegrimušās, gan virs ūdens esošās daļas masai. Tā kā ūdens blīvums gan krūzē, gan ārpus ir vienāds, un dzelzs ir blīvāks par ūdeni, var secināt, ka krūzes iegrimušajā daļā ir jābūt gaisam, lai samazinātu kopējo blīvumu. Atbilde: gadījums 3.

A2:
Apskatīsim robežgadījumu, kad krūzes augšējā mala sakrīt ar katla ūdens līmeni. Šajā gadījumā arhimēda spēks ir:

$$F_{Arh} = \rho_u V_k g$$

, kur krūzes tilpums V_k ir:

$$V_k = 0.25\pi D^2 H = 1809.6cm^3$$

Zināms, ka Arhimēda spēks ir vienāds ar krūzes un ielietā ūdens kopējo svaru. Krūzītes sienu tilpumu var aprakstīt kā divu cilindru tilpumu starpību, kur ārējā cilindra dimensijas ir dotas zīmējumā, bet iekšējā cilindra diametrs ir $D - 2t$, bet augstums $H - t$.

$$V_{sienas} = \frac{1}{4}\pi D^2 H - \frac{1}{4}\pi (D-2t)^2(H-t) = 207.1cm^3$$

Dzelzs krūzītes masa ir

$$m_{kr} = V_{sienas} * \rho_{dz} = 1625.3g$$

Tagad var izrēķināt krūzē ielietā ūdens masu:

$$\rho_u V_k g = (m_u + m_{kr})g$$

$$m_u + m_{kr} = V_k \rho_u$$

$$m_u = V_k \rho_u - m_{kr} = 184.3g$$

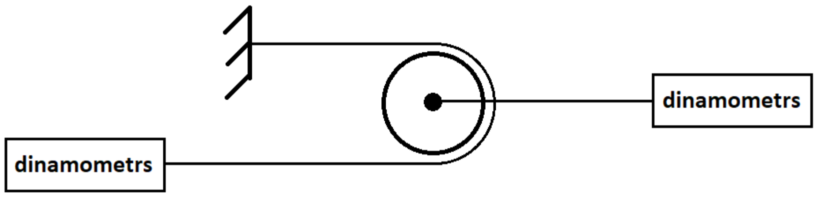
$$V_u = m_u / rho_u = 184.3cm^3$$

A3:
Jā, eksistē. Krūzes materiālam ir jābūt mazāk blīvam nekā apkārtējam šķidrumam, piemēram, plastmasa.

B1:
Tiklīdz ūdens katlā sāks vārīties, tā temperatūra būs konstanti 100°C. Temperatūra krūzītē arī asimptotiski pietuvosies 100 grādiem, bet, tā kā ūdens krūzē saņem siltumu tikai siltumvadīšanas dēļ caur krūzītes sienām, un šādas siltumvadīšanas jauda ir proporcionāla temperatūru starpībai, ūdens krūzē nesaņem siltumu, lai uzsāktu vārīties. Atbilde: gadījums 3.

B2:
Ūdens temperatūra krūzē būs 100°C.

Demonstrējums: Trīcošais trīsis 6 punkti

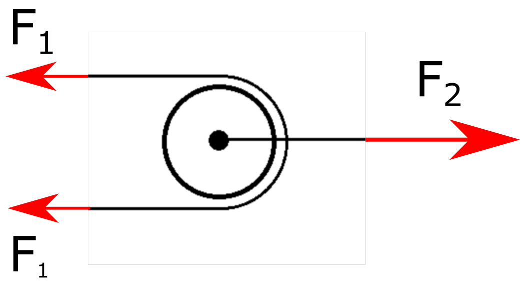


A: Ko jūs ievērojāt par dinamometru uzrādīto spēku vērtību attiecību? Kāpēc tā bija tāda? *1 punkts*

Ņūtona pirmais likums. Apskatot trīsi un spēkus ap trīsi var uzzīmēt šādu bildi. Spēki kreisajā pusē būs vienādi (skat **B**). Lai trīsis nekustētos spēkus summai jābūt nulle.

$$2F_1 = F_2$$

F_2 vienmēr būs divas reizes lielāks nekā F_1

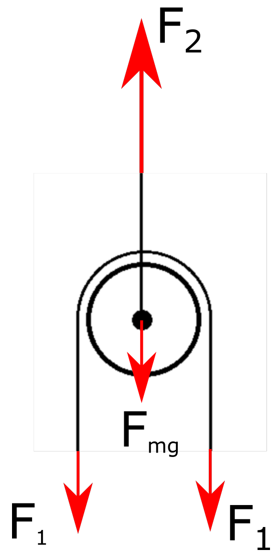


B: Ko uzrādītu dinamometrs, ja to pievienotu piefiksētajā vietā? *2 punkti*

Ņūtona trešais likums. Sastiepuma spēks striķī nemainās un būs konstants, tāpēc piefiksētajā vietā dinamometrs uzrādītu to pašu, ko uzrāda pie otra striķa gala piestiprinātais dinamometrs, arī **C** gadījumā.

C: Kā izmainās attiecība, ja pie trīša pieliek atsvarus? Kāpēc? *3 punkti*

Ņūtona pirmais likums. Pieliekot atsvarus bilde no punkta **A** izmainās sekojoši.



$$2F_1 + F_{mg} = F_2$$

Vairs nevar ignorēt trīša masu. Var novērot, ka piekarinot lielāku masu F_2 palielinās un F_1 samazinās.

Eksperiments: Tēju vai kafiju? 30 punkti

Kāds ir siltumvadīšanas koeficients keramikai?

Siltumvadīšanas koeficients ir materiāla īpašība, kas raksturo cik labi siltums var plūst cauri ķermenim. Ja esi kādreiz pieskāries kokam un metālam, tad zini, ka metāls šķiet daudz aukstāks, jo tavas rokas atdotais siltums ātrāk aizplūst prom.

Jauda P, kas plūst cauri krūzītes sienai, ir proporcionāla tās virsmas laukumam S, siltumvadīšanas koeficientam k, temperatūras starpībai ΔT un apgriezti proporcionāla krūzītes biezumam l.

$$P = \frac{kS}{l}\Delta T$$

Jauda, kas plūst cauri krūzītes sienai, ir siltuma daudzums, kas no krūzītes iekšpuses plūst cauri keramikai un silda apkārtesošo vidi uz laika vienību. Citiem vārdiem sakot, tas cik ātri ūdens krūzītē atdziest. Šim jums varētu noderēt sekojošās formulas, kur Q ir siltumietilpība, $c = 4190\frac{J}{kgK}$ ir ūdens siltumietilpība, m ir ūdens masa un t ir laiks.

$$P = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$Q = cm\Delta T$$

Ieteikums 1: Pievērsiet īpašu uzmanību, kas ir ΔT. Pirmajā formulā temperatūras starpība ir starp krūzītes iekšpusi un ārpusi ($\Delta T_{\text{iekš/ārpus}}$). Otrajā formulā temperatūras starpība ir ūdenī starp mērījumiem (ΔT_{t}).

Ieteikums 2: Padomājiet, kas ietekmēs eksperimentu un kādus pieņēmumus Jūs veiksiet eksperimenta gaitā, kā Jūs šos pieņēmumus pārbaudīsiet, vai tie ir patiesi? Temperatūra lielajā traukā relatīvi nemainās, jo tas ir daudz lielāks par krūzīti. Tas nozīmē, ka pirms eksperimenta var veikt vienu temperatūras mērījumu lielajā traukā, pēc eksperimenta pārbaudot vai temperatūra ir palikusi relatīvi nemainīga.

Ieteikums 3: Ja nepietiek laika, rakstiet, ko vajadzētu izdarīt, lai eksperimentu pabeigtu. Daudzkārt, kad vēl nevar zināt kā tikt līdz gala rezultātam var domāt: kas palīdzētu nonākts tuvāk?

Dots (pārbaudi, ka viss šeit uzskaitītais ir izsniegts!): lineāls, hronometrs, termometrs, krūzīte, spainis ar 3l auksta ūdens, karstais ūdens (pieejams gaitenī pie tējkannas, **tējkannu pēc tam atnest atpakaļ!!!**), statīvs, putuplasts.

A1: Veic mērījumus un izrēķini krūzītes ārējās virsmas laukumu, sienas biezumu un tilpumu. Novērtē arī kļūdas savos mērījumos un rezultātos! *3 punkti*

Laukums: Mērķis ir noteikt virsmas laukumu caur kuru siltums plūdīs prom no krūzītes. Lielākās kļūda ir lineāla kļūda (1mm). Principā šo teoriju var pielietot tikai plāksnei ar vienādu biezumu, krūzītes liekums, osiņa, malas, apakšējā kante ir novirze no šīs teorijas. Šīs kļūdas lielumu var novērtēt rēķinot starpību starp iekšējo laukumu un ārējo laukumu, kur pareizā atbilde būtu kaut kur pa vidu un kļūdu raksturotu laukumu starpība.

$$h = (9.5 \pm 0.1)cm$$

$$d = (8.1 \pm 0.1)cm$$

$$S = d\pi h + \frac{1}{4}\pi d^2 = 293.3cm^2$$

Ir pāris veidi, kā varējāt novērtēt kļūdu, tomēr tas nebija jāizdara precīzi pamatskolas līmenim. Kļūdu laukumam varēja novērtēt relatīvi, varēja arī saskaitīt relatīvās kļūdas no visiem mērījumiem, vai apskatīt starpību starp iekšējo un ārējo krūzītes laukumu. Atkarīgs no metodes, kļūda ir 1-5%.

$$r = 0.1/8.1 = 1.2\%$$

$$S = 293.3 \pm 1.2\% = (293.3 \pm 3.6)cm^2$$

$$V = h\pi d^2/4 = (489.5 \pm 5.9)cm^3$$

$$m = V\rho = 489.5 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = (0.4895 \pm 0.0059)kg$$

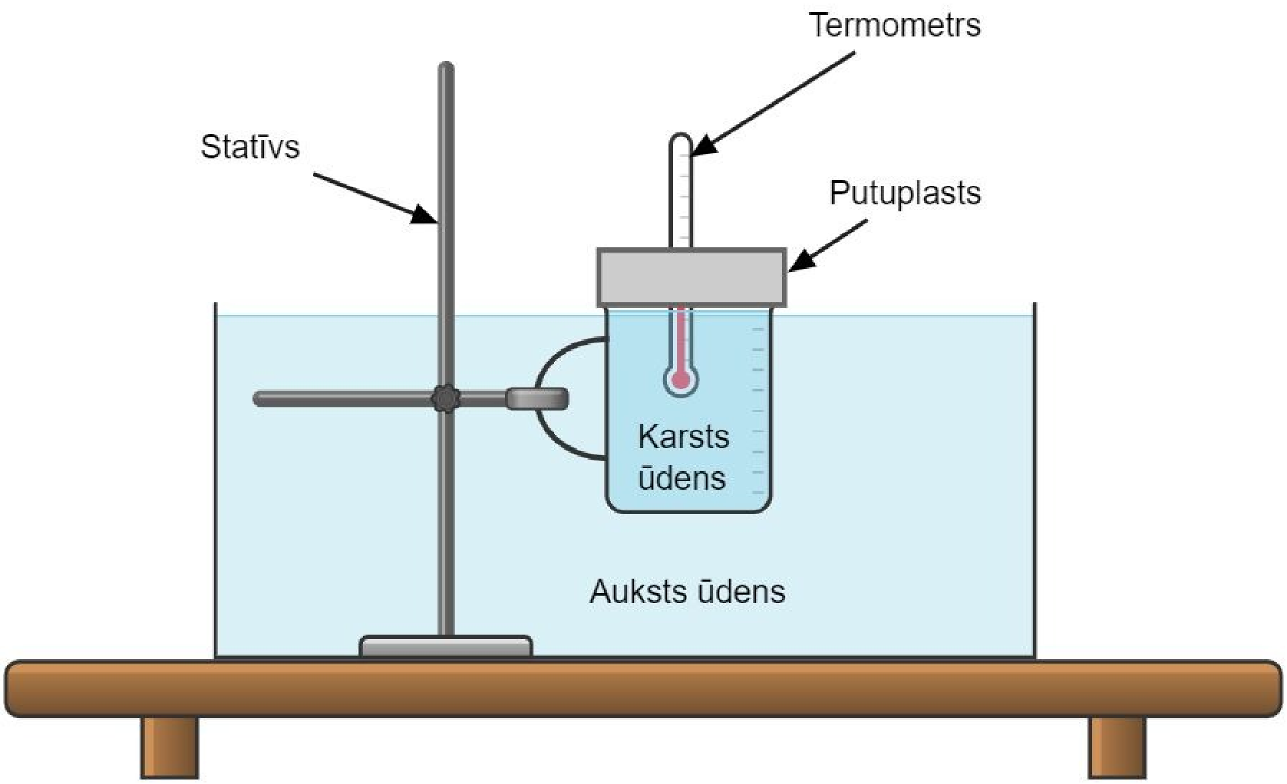
Krūzītes biezumu varēja mērīt nomērot biezumu vai iekšējo un ārējo diametru un starpību izdalot ar divi

$$l = 0.30 \pm 0.05cm$$

A2: Krūzītes osiņu varat neņemt vērā. Kā tas ietekmē rezultātus? *1 punkti*

Osiņa ir papildus materiāls, kas izolē karsto ūdeni, tāpēc laukums caur kuru var plūst siltums būtu mazāks. Rezultātā izrēķinātais koeficients k būs pārvērtēts. Osiņas šķērsgriezuma laukums ir relatīvi mazs salīdzinot ar laukumu S, tāpēc ietekme ir salīdzinoši maza.

B: Izplāno eksperimentu krūzītes siltumvadīšanas koeficienta noteikšanai. Pieraksti galvenos eksperimenta soļus, izveido un anotē eksperimentālās iekārtas skici, kā arī īsumā parādi, kā no mērījumiem iegūsi siltumvadīšanas koeficientu. *8 punkti*



Darba gaita:

1. Veikt ūdens temperatūras mērījumu traukā
2. Piepildīt krūzi ar verdošu ūdeni un sagatavot eksperimentu pēc augstāk norādītās bildes.
3. Veikt mērījumus karstā ūdens temperatūras mērījumus katras 15 sekundes.
4. Fiksē mērījumus tabulā
5. analizēt datus, attēlot grafikos, izteikt secinājumus.

$\Delta T_{\text{iekš/ārpus}}$ ir temperatūras starpība ir starp krūzītes iekšpusi un ārpusi. ΔT_{t} ir temperatūras starpība ir ūdenī starp mērījumiem.

$$P = \frac{kS}{l}\Delta T_{\text{iekš/ārpus}}$$

$$P = cm\frac{\Delta T_{\text{t}}}{\Delta t}$$

$$\frac{kS}{l}\Delta T_{\text{iekš/ārpus}} = cm\frac{\Delta T_{\text{t}}}{\Delta t}$$

$$\Delta T_{\text{iekš/ārpus}} = \frac{lcm}{kS}\frac{\Delta T_{\text{t}}}{\Delta t}$$

Grafiski attēlojot $\Delta T_{\text{iekš/ārpus}}$ pret $\frac{\Delta T_{\text{t}}}{\Delta t}$ iegūsiet taisni y=ax+b, kur $y = \Delta T_{\text{iekš/ārpus}}$, $x = \frac{\Delta T_{\text{t}}}{\Delta t}$ un $a = \frac{lcm}{kS}$. a var nolasīt no grafika un izteikt k, $k = \frac{lcm}{aS}$.

Alternatīvi iespējams aprēķināt koeficientu k starp katriem diviem blakus esošiem punktiem un paņemt vidējo vērtību, tomēr šī metode ir neprecīzāka.

$$k = \frac{lcm}{S\Delta T_{\text{iekš/ārpus}}}\frac{\Delta T_{\text{t}}}{\Delta t}$$

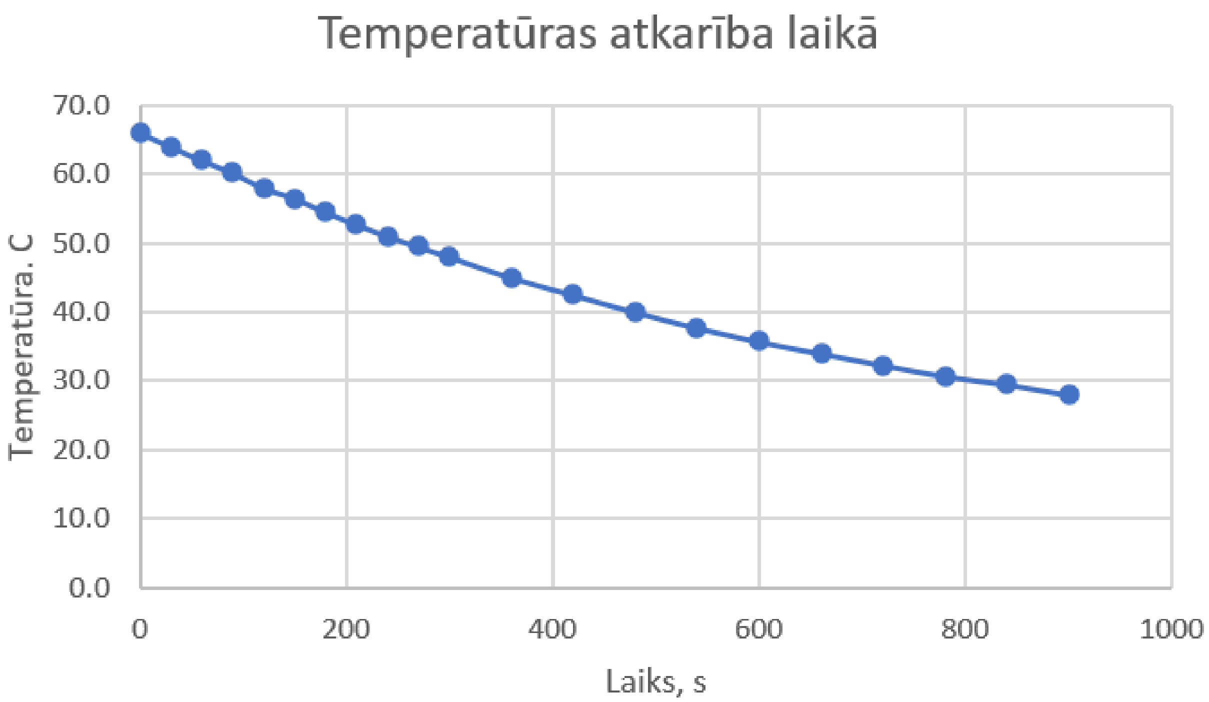
Piezīme: Šeit tiek pieņemts nemainīga siltuma jauda starp mērījumiem, kas padarītu rezultātu neprecīzāku. Ir sarežģītāka un precīzāka metode bez šī pieņēmuma, kas apspriesta 11, 12 klašu eksperimenta risinājumā.

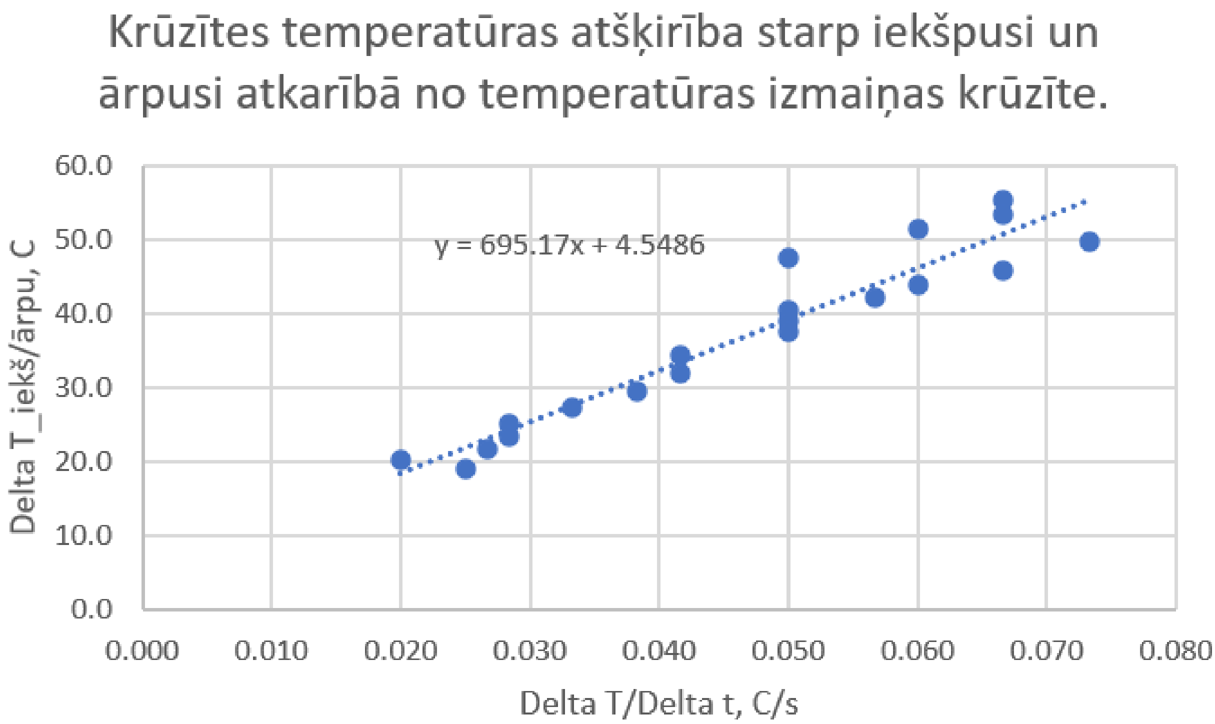
C: Veic eksperimentu un piefiksē mērījumus. Parasti olimpiādēs sagaida vismaz 15 mērījumus. *4 punkti*

D: Grafiski attēlo, kā laikā mainās temperatūras starpība starp ūdeni krūzītē un ūdeni spainī, citi nepieciešamie grafiki. *3 punkti*

1. tabula: Mērijumu tabula

N.p.k.	t,s	T_{karsts}, C	T_{auksts}, C	$\Delta\ T_{iekš/ārpu}$, C	Δ T/Δ t, C/s	k, W/m/K
1	0	66.0	10.5	55.5	0.067	0.397
2	30	64.0	10.5	53.5	0.067	0.383
3	60	62.0	10.5	51.5	0.060	0.409
4	90	60.2	10.5	49.7	0.073	0.323
5	120	58.0	10.5	47.5	0.050	0.453
6	150	56.5	10.5	46.0	0.067	0.329
7	180	54.5	10.5	44.0	0.060	0.350
8	210	52.7	10.5	42.2	0.057	0.355
9	240	51.0	10.5	40.5	0.050	0.386
10	270	49.5	10.5	39.0	0.050	0.372
11	300	48.0	10.5	37.5	0.050	0.358
12	360	45.0	10.5	34.5	0.042	0.395
13	420	42.5	10.5	32.0	0.042	0.366
14	480	40.0	10.5	29.5	0.038	0.367
15	540	37.7	10.5	27.2	0.033	0.389
16	600	35.7	10.5	25.2	0.028	0.424
17	660	34.0	10.5	23.5	0.028	0.395
18	720	32.3	10.5	21.8	0.027	0.390
19	780	30.7	10.5	20.2	0.020	0.481
20	840	29.5	10.5	19.0	0.025	0.362
21	900	28.0	10.5	17.5		





E: Nosaki krūzītes materiāla siltumvadīšanas koeficientu. *5 punkti*

Piezīme: Pārliecinieties, ka vienādojumos izmantojat si sistēmas mērvienības izmantojot formulas. Izņēmums celsija grādus varēja varēja nepārveidot par kelviniem, jo tika apspriesta tikai temperatūras starpība, kas ir vienāda Celsijos un Kelvinos.

Nolasot no grafika $a = 695$

$$k = \frac{lcm}{Sa} = \frac{0.003 \cdot 0.4895 \cdot 4190}{0.02933 \cdot 695} = 0.3018W/m/K$$

Izrēķinot vidējo no katriem diviem mērījumiem (skat. tabulu)

$$k = 0.2626W/m/K$$

F: Mini pieņēmumus, neprecizitātes un secinājumus vai novērojumus. *6 punkti*

Neprecizitātes minētas risinājumā, Papildus neprecizitātes: instrumentu kļūda, izolācija no plutuplasta, formas neprecizitātes no krūzītes

Secinājumi:

1. Lielākā neprecizitāte nāk no krūzītes biezuma mērīšanas (relatīvā kļūda 25%), visvairāk rezultāta precizitāti var uzlabot lietojot bīdmēru vai mikrometru lineāla vietā. Rezultāta kļūda varētu būt ap 50%

2. Temperatūras starpībai starp krūzītes sienu krītoties, ūdens krūzīte atdziest arvien lēnāk

3. Tika noteikts keramikas siltumvadīšanas koeficents $k = 0.3018W/m/K$