

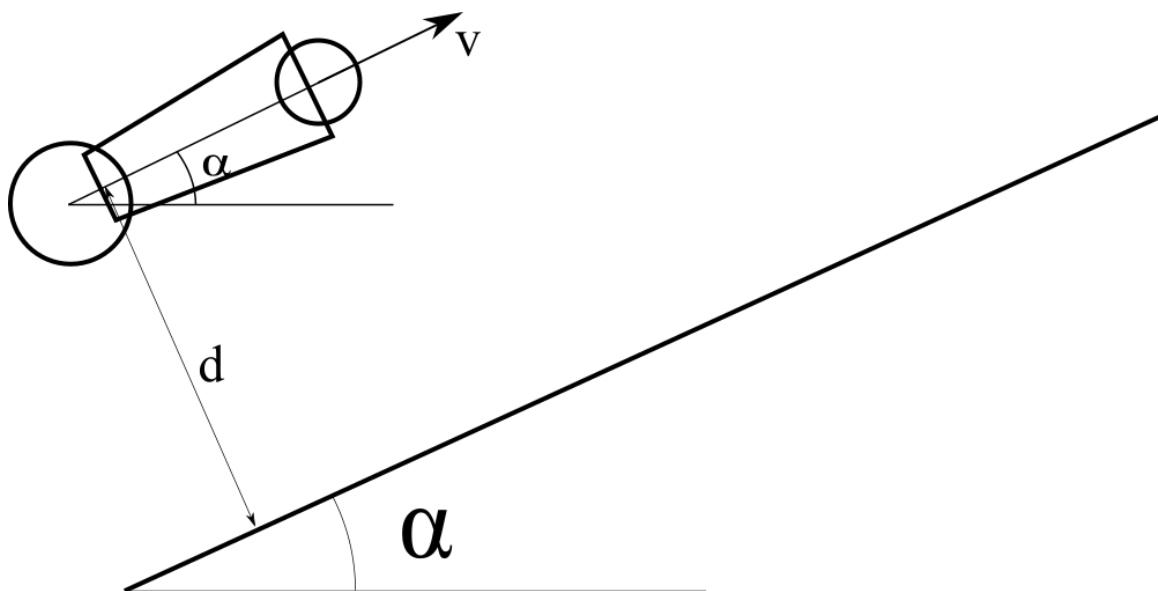
## Kartupeļu lielgabals

**10 punkti**

Jānis piemājas dārzā audzē īpašu kartupeļu šķirni. Jānis ir novērojis, ka, ja divi kartupeļi tiek pamesti gaisā, tad tie uzsprāgst brīdī, kad attālums starp tiem to lidojumā ir vismazākais (kartupeļi spēj paredzēt visu savu lidojuma trajektoriju).

Jānis nolēma izmantot šos īpašos kartupeļus kā munīciju brīvlaikā uzbūvētajam kartupeļu lielgabalam. Jānis novieto lielgabalu uz ceļa augstumā  $d$  pret ceļu tā, lai tas šautu kartupeļus paralēli ceļam, kurš ir leņķī  $\alpha$  pret horizontu. Jāņa lielgabals ir uzbūvēts tā, ka tas šauj ik pa 2 kartupeļiem, un otrs kartupelis tiek izšauts, kad pirmais kartupelis trāpa ceļam (lielgabala pārlāde un izšaušana ir automatizēta).

Ja abi kartupeļi tiek izšauti ar vienādu sākuma ātrumu  $v_0$ , atrodi attiecību  $v_0/\sqrt{gd}$ , pie kuras tuvākais attālums starp kartupeļiem to uzsprāgšanas brīdī ir minimāls! Pieņem, ka kartupeļi ar ceļu saduras elastīgi, un sadursmes rezultātā nesašķīst (Jāņa kartupeļu šķirne ir ļoti izturīga).



**Kosmiskā Lampa****14 punkti**

Interesanti, ka, lai gan fotonam (gaismas daļiņai) nav masas, tam tomēr piemīt masai līdzīgas īpašības, piemēram, tam piemīt impulss  $p = hf/c$ , kur  $f$  - frekvence;  $c$  - gaismas ātrums; Planka konstante  $h = 6,62607015 \cdot 10^{-34}$  J s.

i) Satelīts, kura masa ir  $m = 100$  kg, atrodas riņķveida orbītā ap Zemi augstumā  $h = 400$  km. Lai paceltu tā orbītu, satelīts izšauj  $N = 2 \cdot 10^{32}$  fotonus ar frekvenci  $f = 100$  THz pretēji sava ātruma vektora virzienam. Nosaki ātruma izmaiņu  $\Delta V$ . *2 punkti*

ii) Uzskicē satelīta kustības trajektoriju ap Zemi, norādot, kur tas atrodas sākuma brīdī un kur tas atradīsies, kad būs vistālāk no Zemes. *4 punkti*

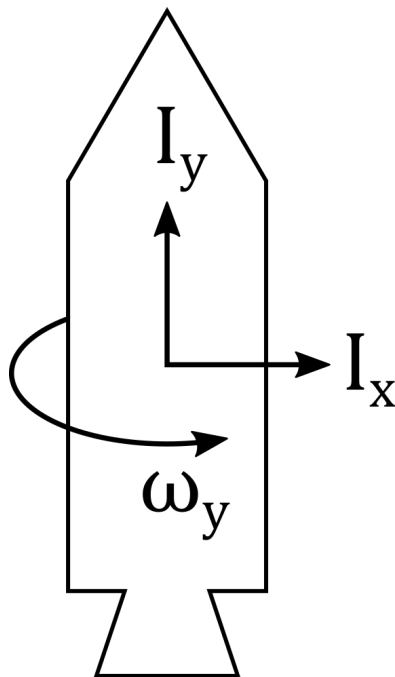
iii) Kāds būs maksimālais attālums no Zemes, kas tiks sasniegts? Ja i) punktā neieguvi atbildi, pieņem, ka  $\Delta V = 1$  km/s (atšķiras no iepriekš izrēķinātās vērtības). *6 punkti*

iv) Kāpēc i) punktā fotonus jāizšauj pretēji kustības virzienam, lai iegūtu vislielāko raķetes ātruma izmaiņu  $\Delta V$ ? *2 punkti*

**Karuselis****8 punkti**

Aplūkosim raķeti, kuras inerces moments ap tās simetrijas asi ir  $I_y = 3000 \text{ kg m}^2$ , savukārt perpendikulāri simetrijas asij tās inerces moments ir  $I_x = 12000 \text{ kg m}^2$ . Raķete ir veiksmīgi palaista un nonākusi orbītā, turklāt tās degvielas tvertnē ir palikusi nedaudz degviela šķidrā stāvoklī, kas ar viskozitātes spēkiem iedarbojas uz raķeti.

Pēc ilga laika raķetes enerģija sasniedz kādu minimālu vērtību. Ja raķete orbītā ieiet ar sākotnējo leņķisko ātrumu  $\omega_y = 10 \text{ rad s}^{-1}$ , kāds būs raķetes leņķiskais ātrums pēc ilga laika?

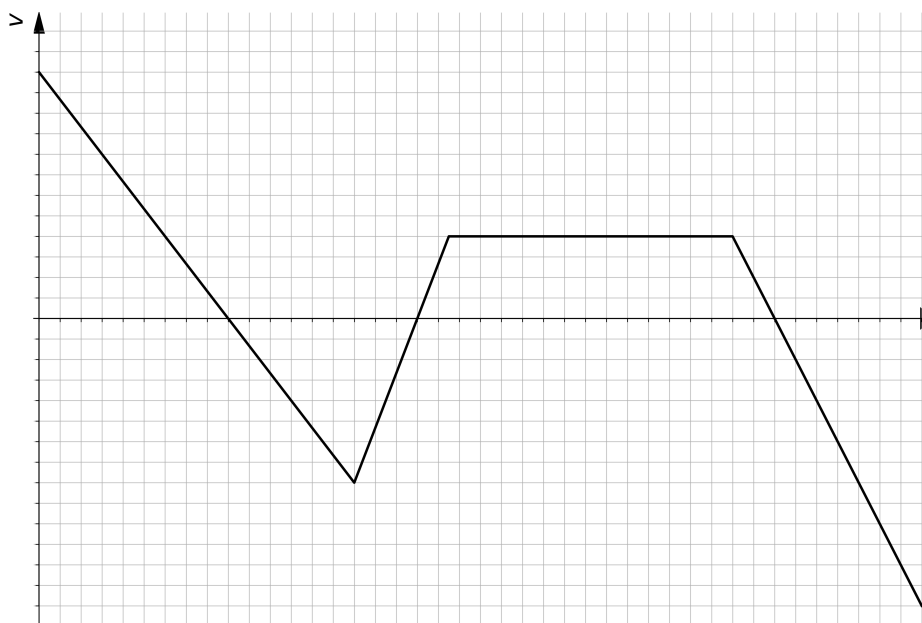


## Satelīta pārvadāšana

10 punkti

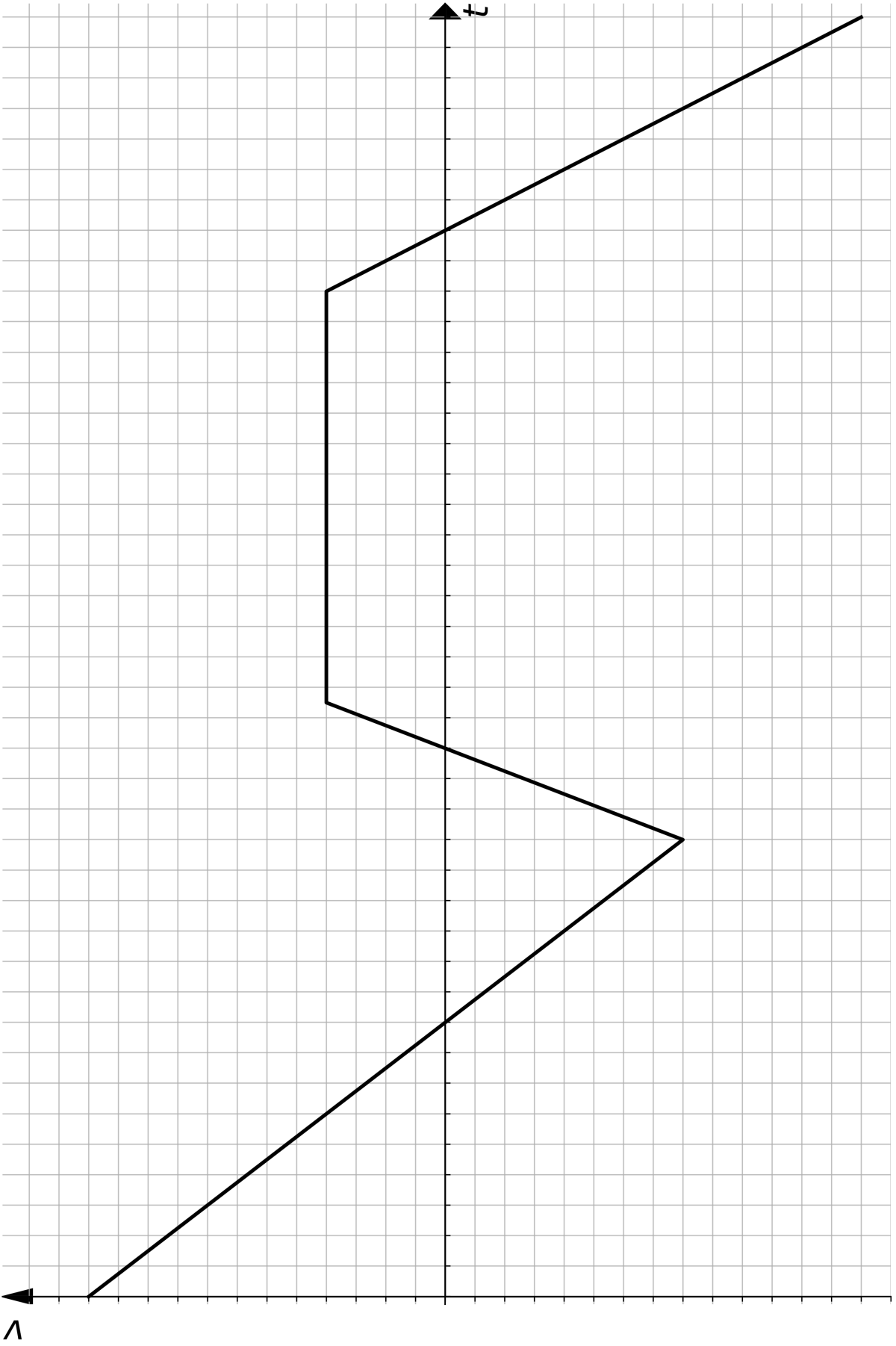
i) a) Divas mašīnas ved satelīta daļas no punkta A uz punktu B. Pirmā mašīna brauc ar konstantu ātrumu, otrā ar laikā mainīgu ātrumu. Sekojošajā grafikā (nākamajā lapā dots palielināts grafiks) attēlota pirmās mašīnas ātruma atkarība no laika otrās mašīnas atskaites sistēmā. Uzzīmē otrās mašīnas ātruma grafiku pirmās mašīnas atskaites sistēmā. *2 punkti*

**Piezīme:** otru grafiku zīmē kopā ar jau doto - vai nu uz palielinātā attēla nākamajā lapā, vai arī pārzīmējot grafiku uz rūtiņu papīra.



i) b) Otrā mašīna no punkta A izbrauca laikā  $t_0 = 1$  min pēc pirmās. Zināms, ka tā pirmo mašīnu panāca, braucot laiku  $t_1 = 9$  min, kā arī abas mašīnas punktā B nonāca vienā laikā. Lielākais attālums starp abām mašīnām bija  $d = 1.960$  km. Nosaki pirmās mašīnas ātrumu,  $v_1$ , otrās mašīnas maksimālo ātrumu,  $v_{2,max}$  un attālumu starp punktiem A un B,  $D_{AB}$ . *6 punkti*

ii) Ceļu no B uz C veic trešā mašīna. Zināms, ka pusi ceļa tā brauc ar ātrumu  $v_1$ , trešdaļu ceļa brauc ar ātrumu  $v_{2,max}$  un pārējo ceļu veic ar ātrumu  $v_3$ . Aprēķini trešās mašīnas vidējo ātrumu. *2 punkti*

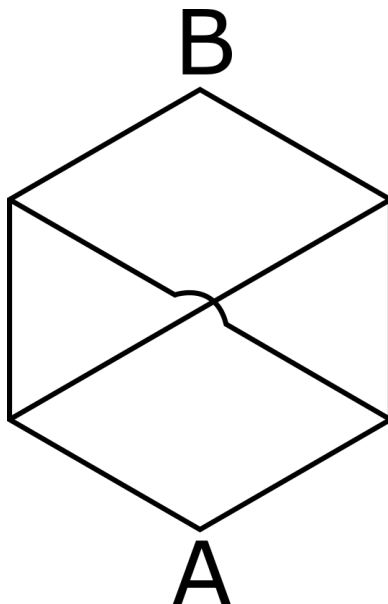


## Simetriski slēgumi

12 punkti

Parasti uzdevumos ar slēgumiem sāk ar slēguma pretestības aprēķināšanu, pēc tam to pielietojot strāvas vai sprieguma atrašanai. Šajā uzdevumā apskatīsim, kā rīkoties pretējā virzienā, lai atrastu pretestību, ja tiek fiksēta noteiktos kontaktos ievadītā un izvadītā strāva.

Aplūkosim situāciju, kad no vadiem izveidots sešstūris:



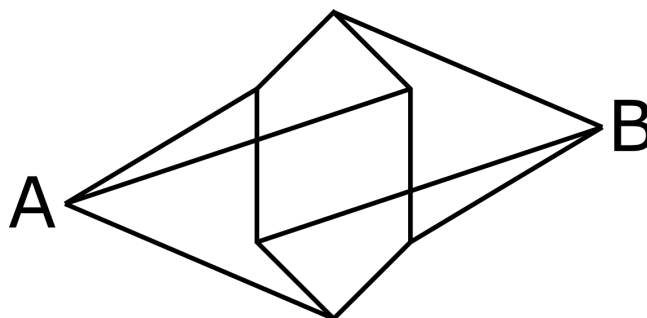
Visām sešstūra malām kā arī tā divām novilktajām diagonālēm ir pretestība  $r$ . Sešstūra diagonāles krustojanas punktā nesaskaras.

i) Virsotnē A tiek ievadīta strāva  $I$ , bet no katras no pārējām sešstūra virsotnēm tiek izvadīta strāva  $I/5$ . Kāds ir spriegums starp virsotnēm A un B? *2 punkti*

ii) No virsotnes B tiek izvadīta strāva  $I$ , bet katrā no pārējām sešstūra virsotnēm tiek ievadīta strāva  $I/5$ . Kāds ir spriegums starp virsotnēm A un B? *1 punkti*

iii) Kāda ir pretestība slēgumam starp virsotnēm A un B? (Ieteikums: kā izskatās gadījumu i un ii superpozīcija?) *3 punkti*

iv) No vadiem izveidota sekojoša figūra (vadi saskaras tikai sešstūra virsotnēs un punktos A un B):



Visu 12 vadu pretestība ir  $r$ . Kāda ir pretestība slēgumam starp punktiem A un B?

*6 punkti*

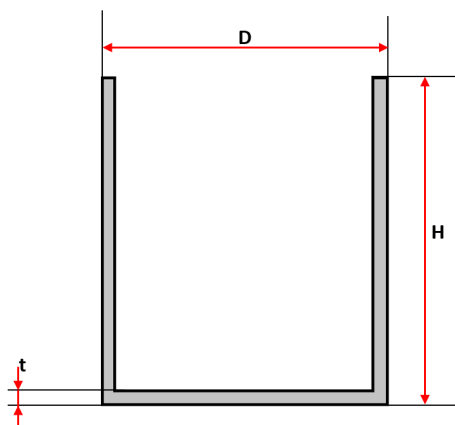
## Pelmeņu katls

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 nolēma sev uztaisīt pelmeņu 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  $\rho_u = 1 \text{ g/cm}^3$ . Abi trauki ir veidoti no dzelzs, kura blīvums  $\rho_{dz} = 7.85 \text{ g/cm}^3$ . Katliņa izmēri un tilpums ir daudz lielāki nekā krūzītei. Krūzīte atrodas tālu no katla sieniņām un peld katlā esošajā ūdenī. Termiskās izplešanās efektus var neņemt vērā. Pieņem, ka krūze paliek vertikālā stāvoklī.

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



i) 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

ii) Kāds ir maksimālais ūdens tilpums, ko var ieliet krūzē, pirms tā nogrims un Alberts sabojā savas vakariņas?

2 punkti

iii) Vai eksistē tāda krūze, kuru šādā situācijā varēs piepildīt pilnu līdz malām, tai nenogrimstot? Ja atbilde ir jā, tad kādiem nosacījumiem jāizpildās.

2 punkti

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

iv) 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

v) Kāda ir ūdens temperatūra krūzē pēc tam, kad ūdens katlā sāka vārīties?

2 punkti

**Demonstrējums: Konfekšu deja****10 punkti**

- i) Paskaidro, kāpēc iekārtās konfektes svārstās ar dažādām amplitūdām. *3.34 punkti*
- ii) Izskaidro fāzes nobīdi vienai no konfektēm. *3.33 punkti*
- iii) Kā būtu iespējams noteikt gaisa pretestību konfektei? Pilns risinājums nav nepieciešams. Pieņem, ka svārstību amplitūdu var izteikt kā:

$$A = \frac{K/l}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega^2 \gamma^2}}$$

kur  $A$  ir svārstību amplitūda,  $K$  ir konstante ar dimensijām  $\text{m}^2/\text{s}^2$ ,  $l$  ir svārsta garums,  $\omega_0$  ir brīvo svārstību frekvence,  $\omega$  ir pieliktā spēka svārstību frekvence,  $\gamma = c/m$ , kur  $c$  ir gaisa pretestību raksturojošā konstante. *3.33 punkti*



**Eksperiments: Tēju vai kafiju?****35 punkti**

Siltumvadīšanas koeficients ir materiālam piemītošs lielums, kas raksturo, cik viegli tam plūst cauri siltums. Piemēram, metālam ir lielāks siltumvadīšanas koeficients kā kokam, tāpēc metāla stabs ziemā šķiet aukstāks nekā blakus esošs koks, kaut gan temperatūras starpība starp roku un metālu ir tāda pati kā starp roku un koku. Šajā uzdevumā centīsimies atrast siltumvadīšanas koeficientu keramikai.

Jauda  $P$ , kas plūst cauri krūzītes sienai, ir atkarīga no tās virsmas laukuma  $S$ , siltumvadīšanas koeficienta  $k$ , temperatūras starpības starp iekšējo un ārējo virsmu  $\Delta T$  un krūzītes biezuma  $l$ :

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

Zināms arī, ka, ja objekta no materiāla ar siltumvadīšanas koeficientu  $c$  un masu  $m$  temperatūra mainās par  $\Delta T$ , tad tam ticis pievadīts siltums  $Q$ , izsakāms kā

$$Q = cm\Delta T$$

Vienkāršības labad vari pieņemt, ka krūzītes siltumietilpība ir nulle. Ūdens siltumietilpība ir  $4.2 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

Ieteikums 1: Pievērs īpašu uzmanību, kas katrā vienādojumā ir  $\Delta T$ .

Ieteikums 2: Standarta metode ir attēlot taisnes funkciju  $y = ax + b$ . No šīs funkcijas var nolasīt tās slīpumu  $a$ . Atliek izdomāt, kam jābūt  $y$  un  $x$  vieta, lai izveidotos lineāra sakarība.

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

- i) Veic mērījumus un izrēķini krūzītes ārējās virsmas laukumu, sienas biezumu un tilpumu. Novērtē arī kļūdas savos mērījumos un rezultātos! *3 punkti*
- ii) Krūzītes osiņu varat neņemt vērā. Kā tas ietekmē rezultātus? *1 punkti*
- iii) 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. *10 punkti*
- iv) Veic eksperimentu un piefiksē mērījumus. Parasti olimpiādēs sagaida vismaz 15 mērījumus. *5 punkti*
- v) Grafiski attēlo, kā laikā mainās temperatūras starpība starp ūdeni krūzītē un ūdeni spainī. *3 punkti*
- vi) Nosaki krūzītes materiāla siltumvadīšanas koeficientu. *7 punkti*
- vii) Kuri no eksperimentā izdarītajiem pieņēmumiem varētu būt visvairāk samazinājuši rezultāta precizitāti? Kā būtu jāmaina eksperiments, lai ņemtu šos vērā? *6 punkti*