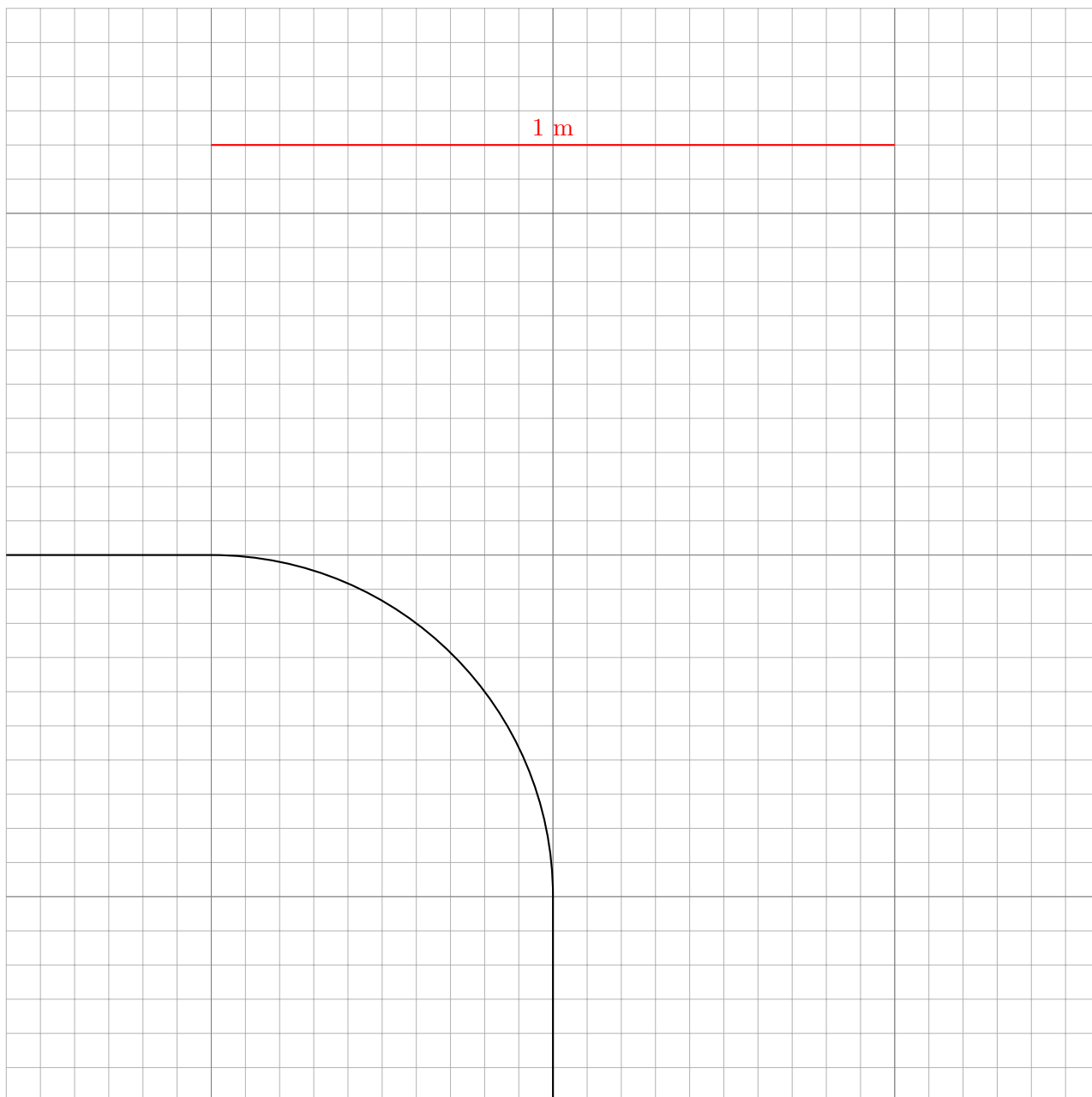


Ritenis

8 punkti



**A** Riteņbraucējs Viesturs izdomāja atrast savas aizmugurējās riepas centra trajektoriju kustības laikā (melnā līnija — aizmugurējā riteņa viduspunkta trajektorija). Ir zināms, ka aizmugurējās riepas centra ātrums ir nemainīgs un vienāds ar  $|\vec{v}| = 1,5 \text{ m/s}$ . Riteņi neizslīd. Novērtēt minimāli iespējamo miera berzes koeficientu starp riepām un ceļu  $\mu$ , ja Viestura velosipēda garums ir  $L = 2 \text{ m}$  un  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

8 punkti

**Asinsrite**

**7 punkti**

Šajā uzdevumā vienkāršoti apskatīsim asins plūsmu cilvēka asinsvados. Asins plūsmu modelēsim kā lamināru un viskozu, bet asinsvadus – kā cilindriskas caurules.

Pēc Puazeija likuma, spiedienu starpība uz caurules galiem  $\Delta p$  ir tieši proporcionāla laika intervālā izplūdušajam šķidrums tilpumam  $Q = \frac{V}{t}$  ar proporcionalitātes koeficientu  $R$ , ko saucim par pretestību:

$$\Delta p = QR$$

**A** Ir zināms, ka  $R$  ir atkarīgs no caurules garuma  $l$ , caurules šķērsriezuma rādiusa  $r$ , viskozitātes koeficienta  $\eta$ , kura mērvienības ir  $Pa \cdot s$ , kā arī proporcionalitātes koeficienta  $\frac{8}{\pi}$ . Kura no izteiksmēm var atbilst pretestības  $R$  formulai?

- a)  $\frac{8l\eta}{\pi r^4}$       b)  $\frac{8l}{\pi r^3\eta}$       c)  $\frac{8}{\pi}r^2l\eta$       d)  $\frac{8}{\pi}\sqrt{\eta lr}$       e)  $\frac{8r\eta^2}{\pi l^2}$

1 punkts

**B** Tagad apskatīsim divus hipotētiskos asinsrites sistēmas elementus, kuru galos izmērītā spiediena starpība ir  $\Delta p$ .

**B1** Aprēķiniet pilnu asins plūsmu  $Q_p$  asinsrites sistēmas posmā, kas sastāv no  $N$  paralēliem asinsvadiem ar pretestībām  $R_1$  un  $R_2$ , kas galos savienojas kopā.  $N = 2$ .

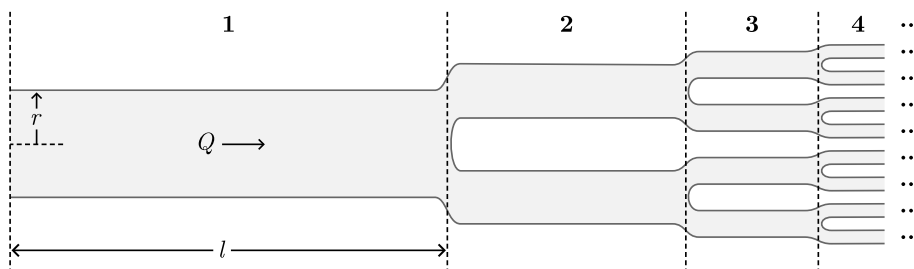
1 punkts

**B2** Aprēķiniet pilnu asins plūsmu  $Q_v$  asinsrites sistēmas posmā, kas sastāv no  $N$  secīgiem (saslēgtiem virknē) asinsvadiem ar pretestībām  $R_1$  un  $R_2$ .  $N = 2$ .

1 punkts

**D** Ceļā uz plaušām asins plūst sākuma pa lielākiem asinsvadiem, kas vēlāk sazarojas par mazākiem asinsvadiem un kapilāriem, kā parādīts uz attēla pa labi. Pieņemsim, ka katrs asinsvads sadalās divos asinsvados, kas ir 2 reizēs īsāki par to un kuru šķērsriezuma laukums ir 4 reizēs mazāks. Ja ir zināms, ka pirmā asinsvada garums ir  $l$ , rādiuss ir  $r$ , asins viskozitāte ir  $\eta$ , bet caur pirmo asinsvadu plūst asins plūsma  $Q$ , kāda ir spiedienu starpība starp pirma asinsvada sākumu un visu  $n$ -to asinsvadu galiem? (asinsvadi tiek numurēti pēc izmēriem pa grupām ar vienādām dimensijām secībā no lielākā uz mazāko)

4 punkti

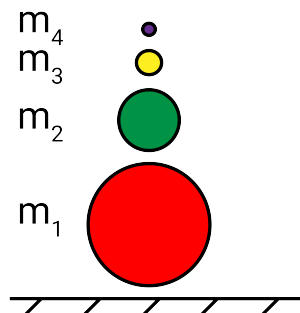


## Galileja Lielgabals

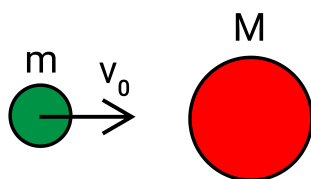
11 punkti

Šajā uzdevumā apskatīsim plaši izplatītu fizikas demonstrāciju, ko dažkārt dēvē par Galileja Lielgabalu. Galileja Lielgabals sastāv no vairākām lodveida bumbām, kas novietotas viena uz otras. Katra nākamā bumba ir daudz mazāka par iepriekšējo, tādējādi izveidojot tornim līdzīgu sistēmu, kas redzama attēlā zemāk.

Kad šī sistēma tiek palaista brīvā kritienā, tā saduras ar zemi un augšējā bumbiņa uzlido ļoti augstu.



**A** Sākotnēji apskatīsim vispārīgu sadursmi starp diviem ķermeņiem, kuru masas ir attiecīgi  $m$  un  $M$ . Zinot, ka sadursme starp šiem ķermeņiem ir pilnīgi elastīga un ka masas  $M$  sākotnēji ir nekustīga, savukārt masa  $m$  pārvietojas ar ātrumu  $v_0$ :



**A1** Nosaki masas  $m$  ātrumu pēc sadursmes  $v_1$ !

3 punkti

**A2** No iepriekšējā punkta, nosaki masas  $m$  ātrumu  $v_1$ , ja  $M$  ir daudz lielāks par  $m$ , proti  $M \gg m$ !

1 punkts

**B** Tagad apskatīsim Galileja Lielgabalu, kas sastāv no 4 dažāda izmēra bumbām. Sistēma tiek atlaista no augstuma  $h = 1\text{m}$  un tā ir pietiekami maza, lai neņemtu vērā dažādu bumbiņu augstuma atšķirības. Pieņem, ka visas sadursmes ir pilnīgi elastīgas un ka katra nākamā bumba ir ievērojami mazāka nekā iepriekšējā (proti,  $m_1 \gg m_2 \gg m_3 \gg m_4 \gg$ ). Gaisa pretestību neņem vērā.

**B1** Cik ātri kustās 1. bumba tieši pēc sadursmes ar zemi?

1 punkts

**B2** Cik ātri kustās 2. bumba tieši pēc sadursmes ar 1. bumbu?

1 punkts

**B3** Cik augstu uzlidos 4. bumba pēc tam, kad visas savstarpējās sadursmes starp bumbām būs notikušas? Uzzīmē grafiku, kur attēlo visu bumbiņu vertikālo pozīciju pēc laika  $y_n(t)$ .

4 punkti

**B4** Cik augstu uzlidos n-tā bumba vispārīgā Galileja Lielgabalā?

2 punkti

## Latvijas oranžais zelts

14 punkti

Jaunais fiziķis Toms ir atradis lādi ar metāla monētām. Palīdzēsim viņam saprast, kas tas ir par metālu.

Lādē Toms ir atradis arī vēstuli, kurā bija rakstīts, ka monētas sastāv no metāla, kas ir veidots no \*\* atomiem ar rādiusu  $r = 116,01pm$  \*CC izkārtojuma (ar \* tiek apzīmētas vietas, kur papīrs bija bojāts un nevarēja saprast, kas par simbolu tur bija rakstīts).

**A** Sākumā Toms nolēma eksperimentāli izmērīt metāla blīvumu. Viņš pieņēma, ka monēta ir cilindrs un izmērīja to augstumu  $h = 2,0mm$  un pamata diametru  $d = 2,00cm$ . Arī jaunais gudrinieks noteica monētas masu:  $m = 5,630g$ .

**A1** Kāds ir metāla blīvums  $\rho$ ? 1 punkts

**A2** Kā Toms varētu vienkāršot savu pētījumu, samazinot mērījumu skaitu? 1 punkts

**B** Toms ir dzirdējis par BCC (Body-Centered Cubic - kubiskā tilpumcentrējuma) kristāliem, kuru struktūra ir parādīta attēlā pa kreisi. Viņš pieņēma, ka metāla kristāliskā struktūra ir tieši šāda.

**B1** Cik metāla atomi ir vienā BCC šūnā? 2 punkti

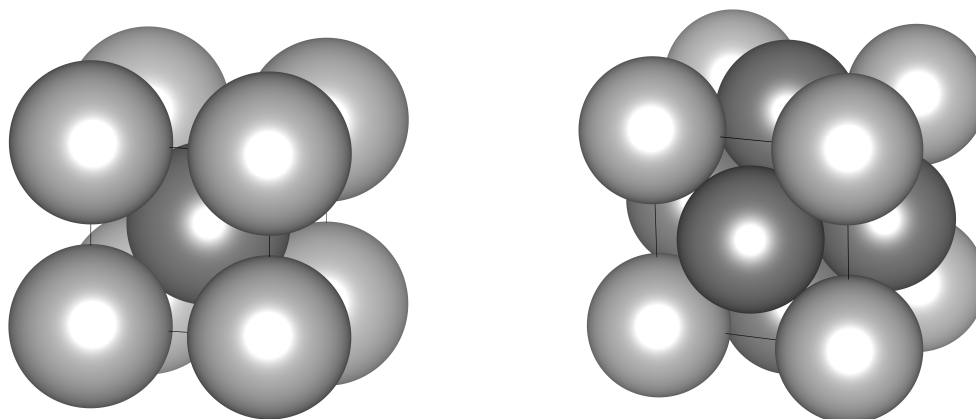
**B2** Zinot, ka Pitagora teorēma strādā arī trīsdimensionālā gadījumā (tas ir, taisnstūra paralēlskaldņa ar malām  $a$ ,  $b$  un  $c$  diagonāles garums ir  $\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ ), izmantojot Avogadro konstanti un noteikto A punktā blīvumu, aprēķiniet metāla molmasu ( $\frac{g}{mol}$ )! Kas tas ir par metālu? 3 punkti

**C** Tomēr jaunais gudrinieks atcerējās par FCC (Face-Centered Cubic - kubiskā skaldņcentrējuma) kristāliem, kuru struktūra ir parādīta attēlā pa labi.

**C1** Cik metāla atomi ir vienā FCC šūnā? 2 punkti

**C2** Izmantojot Avogadro konstanti un noteikto A punktā blīvumu, aprēķiniet metāla molmasu ( $\frac{g}{mol}$ )! Kas tas ir par metālu? 3 punkti

**D** Lādē Toms atrada arī sarakstu ar materiālu īpatnējām pretestībām. Viņš uzzināja, ka B punktā iegūtā metāla īpatnējā pretestība ir  $\rho_1 = 1,25 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$ , bet C punktā iegūtā metāla īpatnējā pretestība ir  $\rho_2 = 1,77 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ . Lai saprastu, no kura no diviem metāliem sastāv monētas, Toms pārkausa vienu no tām par vadu ar garumu  $l = 15cm$ . Vada galiem viņš pieslēdza spriegumu  $U = 0,01V$  un izmērīja strāvas stiprumu caur vadu:  $I = 15,777A$ . Kurš no metāliem ir pareizs? Uzrakstiet teikumu no lādē atrastās vēstules, \* vietās ierakstot pareizos simbolus! 2 punkti



**Zirnekļi****8 punkti**

Uz viendimensionāla (taisnes nogrieznis) koka gabala ar garumu  $L = 10$  cm skraida  $N$  pilnīgi vienādi zirnekļi (zirnekļus mēs modelēsim kā punktus kuriem piemīt vienāda masa, kustības ātrums). Kad zirneklis sasniedz koka gabala galu, tas nokrīt lejā un vairs nevar atgriezties atpakaļ. Kad divi zirnekļi satiekās vienā koka gabala punktā, katrs no zirnekļiem pagriežas un turpina kustību ar tādu pašu ātruma kā pirms sadursmes, tikai pretējā virzienā (Ja pirms sadursmes Zirnekļis skrēja pa labi - pēc viņš skries pa kreisi). Sākuma laika brīdī  $t = 0$  s zirnekļi atrodās nejaušajās vietās gar koka gabalu, viņu ātrumu lielumi ir vienādi ar  $v = 5 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ , ātrumu virzieni arī tiek sadalīti nejauši. Pēkšņi Zirnekļi sāk skriet. Kāds ir minimāls laiks, kuram ir jāpauz, lai uz koka gabala nepaliktu neviena zirnekļa? Paskaidrojiet savu atbildi!

*8 punkti*

**Lēcas****6 punkti**

Optikas entuziasts Pēteris vēlas pats izveidot lēcas dažādām vajadzībām. Ja uzdevumā ir apskatītas vairāku lēcu sistēma, pieņemt, ka to galvenās optiskās asis pārklājas, kā arī lēcas atrodas vidē ar  $n = 1$ .

**A** Pirmo Pēteris apskata savācējlēcu, kura priekšmetu, kas atrodas 2m attālumā no lēcas, projicē ar lineāro palielinājumu 10. Nosakiet lēcas fokusa attālumu! *2 punkti*

**B** Turpmāk pieņemiet, ka iepriekš minētās lēcas fokusa attālums ir 3m (vērtība neatbilst A uzdevuma atbildei)! Aiz tās Pēteris novieto izkliedētājlēcu. Ja uz lēcu sistēmu spīdina paralēlu staru kūli, tad šī sistēma to pārveido kompaktākā paralēlo staru kūlī. Ja izkliedētājlēcas fokusa attālums ir 1m, atrodiet attālumu starp lēcām! *2 punkti*

**C** Tālāk Pēteris apskata vienu staru, kas ir paralēls galvenajai optiskajai asij atrodas augstumā  $H$  virs tās, bet, izejot cauri lēcu sistēmai, ir augstumā  $h$ . Nosakiet attiecību  $H/h$ ! *2 punkti*

## Zemūdens skaņa

10 punkti

Šajā uzdevumā apskatīsim parādības, kas ir saistītas ar skaņas izplatīšanos ūdenī.

**A** Sākuma noskaidrosim, kāds ir skaņas izplatīšanas ātrums gaisā un ūdenī.

**A1** Ir zināms, ka skaņas ātrums gaisā ir atkarīgs no temperatūras ( $T = 293K$ ), gaisa molmasas ( $M_g = 29 \frac{g}{mol}$ ) un universālās gāzu konstantes ( $R = 8,31 \frac{J}{mol \cdot K}$ ). Izmantojot dimensiju analīzi (vienādojuma abām pusēm jāsakrīt mērvienībām), atrodiet skaņas ātruma vērtību gaisā  $v_g$ , ja ir dots, ka tā ir arī proporcionāla bezdimensionālam koeficientam  $k = \sqrt{1,4}$ . 0.5 punkti

**A2** Gaisa izplatīšanas ātrumu ūdenī nosaka cita formula (teorētiski tā ir spēkā arī gaisam). Nosakiet šo ātrumu  $v_{\bar{u}}$ , ja ir zināms, ka tas ir atkarīgs tikai no ūdens tilpuma elastības moduļa  $B_{\bar{u}} = 2,2 \cdot 10^9 Pa$  un ūdens blīvuma  $\rho_{\bar{u}} = 1000 \frac{kg}{m^3}$ . 0.5 punkti

**B** Apskatīsim vienu no iemesliem, kāpēc ūdenī gandrīz nevar dzirdēt skaņu, kas radusies virs ūdens. Ir zināms, ka skaņas ātrums gaisā ir  $v_g = 346m/s$ , bet ūdenī skaņas ātrums ir  $v_{\bar{u}} = 1500m/s$  (vērtības var atšķirties no A punktā iegūtajām). Apskatīsim "skaņas staru", koherento skaņas viļņu kūli, ko var izveidot, piemēram, ar sāzera palīdzību (akustisko lāzera analogu).

**B1** Pieņemsim, ka mēs novietojam sāzeru tā, ka "skaņas stars" krīt uz horizontālo ūdens virsmu leņķī  $\alpha = 4^\circ$  pret vertikāli. Kādu leņķi ar vertikāli  $\beta$  veidos atstarotā skaņa un kādu leņķi ar vertikāli  $\gamma$  veidos skaņas kūlis zem ūdens? 1.5 punkti

**B2** Kāds ir maksimālais leņķis  $\alpha_{max}$ , ko krītošais "skaņas stars" var veidot ar vertikāli, lai vismaz kāda daļa skaņas varētu ieiet ūdenī? 1.5 punkti

**C** Tagad analizēsim lodes kustību zem ūdens. Tai kustoties uz priekšu, aiz tās veidojas koniskais turbulences apgabals, ko veido skaņas viļņu frontes, kas kustas lēnāk par pašu lodi. Izmantojot doto bildi, novērtējiet lodes ātrumu  $v$ , pieņemot, ka, veicot attālumu no pistoles līdz attēlotajai pozīcijai, ātrums paliek gandrīz nemainīgs. 3 punkti



**D** Kā ir zināms, delfīni savā starpā sazinās, izmantojot ultraskaņu. Kādā Dienvidamerikas upē, kuras straumes ātrums ir  $v_{str} = 7 \frac{m}{s}$ , dzīvo vēl neatklātā ļoti ātru upesdelfīnu suga. Divi šādi delfīni peld viens otram pretī zem ūdens virzienā, kas ir paralēls straumes ātrumam. Abu delfīnu ātrums krasta atskaites sistēmā ir  $v_{del} = 50 \frac{m}{s}$ . Viens no delfīniem rada skaņu ar frekvenci  $f_0 = 100 kHz$ . Kādas frekvences  $f$  skaņu dzirdēs otrais delfīns? 3 punkti

**Demonstrējums - Trauslais līdzsvars****10 punkti**

**A** Novēro, ka, tuvinot stieņa atbalstus, tie satiekas zem guļošā stieņa masas centra. Paskaidro, kāpēc tā notiek! Piemini iesaistītās parādības un vienādojumus!

*4 punkti*

**B** Vai šādā veidā var atrast masas centru ķermenim, kura masa nav vienmērīgi sadalīta, t.i., viens gals ir smagāks par otru. Atbilde pamato!

*3 punkti*

**C** Vai šādā veidā varētu atrast masas centru homogēnam (ar vienmērīgi sadalītu masu) ķermenim, ja viens no atbalstiem būtu aptīts ar smilšpapīru. Atbilde pamato!

*3 punkti*



**Eksperiments - Kūstošais Aisbergs****16 punkti**

Dokumentē darba gaitu, uzskatāmi veic nepieciešamos aprēķinus, datu analīzi un eksperimenta izvērtēšanu, kā arī secinājumus.

**Dotie materiāli:** Caurspīdīgs trauks, multimetrs, termopāra vadi.

Ūdens pieejams skolu izlietnēs, ledus gabaliņus var saņemt organizētāju telpā.

*Eksperimenta veikšanai būs nepieciešams arī lineāls.*

Iepazīties ar multimetra lietošanas instrukciju, mērījumu precizitāti. **Uz risinājuma obligāti pie-  
rakstat multimetra numuru!**

**A** Ar multimetru temperatūras mērīšanas režīmā izmēri istabas temperatūru, nosaki absolūto un relatīvo kļūdu. *1 punkti*

**B** Izsaki sakarību traukā ielieta ūdens tilpumam  $V$  atkarībā no ūdens līmeņa augstuma  $h$  dotajam traukam. Pieņem, ka trauka diametrs ir konstants un vienāds ar vidējo starp maksimālo un minimālo diametru. *1 punkti*

**C** Uzraksti darba gaitu eksperimentam, lai noskaidrotu ledus īpatnējo kušanas siltumu  $L$ , t.i., cik daudz džoulu enerģijas nepieciešams, lai vienu kilogramu ledus pārvērstu šķidrā ūdenī. Rakstot darba gaitu un veicot eksperimentu, veic sekojošus pieņēmumus: *5 punkti*

- Nenotiek siltumapmaiņa starp ārējo vidi un sistēmu
- Ledus sākotnējā temperatūra ir  $0^{\circ}C$

**D** Pēc aprakstītās darba gaitas veic eksperimentu un nosaki ledus īpatnējo kušanas siltumu  $L$ . Dots, ka ūdens īpatnējā siltumietilpība  $C = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ , ūdens blīvums  $\rho = 1000 \text{ kgm}^{-3}$ . *6 punkti*

**E** Veic secinājumus un priekšlikumus, kā uzlabot eksperimenta precizitāti. *3 punkti*

**Padomi eksperimenta veikšanai:**

- Lejot traukā ūdeni, mēģini izvēlēties tādu temperatūru, lai siltumapmaiņa starp sistēmu un vidi būtu pēc iespējas mazāka.
- Ūdens līmeni traukā var izmērīt vieglāk, pieliekot papīra lapu pie glāzes un veicot atzīmes uz tās.
- Termopāra melno vadu jāpieliek pie multimetra COM kontakta, sarkano - pie  $V\Omega mA^{\circ}C$ .