



8.3.2.1./16/I/002

NACIONĀLA UN STARPTAUTISKA MĒROGA PASĀKUMU ĪSTENOŠANA IZGLĪTOJAMO TALANTU ATTĪSTĪBAI  
Strūgu iela 4, Rīga, LV-1003, tālr. 67350966, e-pasts: info@832.visc.gov.lv

## Fizikas Valsts 73. olimpiāde Trešā posma uzdevumi 9. klasei

### 9-1 Kombučas ražošana

Jaunuzņēmums vēlas pieteikt savu jauno ražošanas ideju, un ir jāspēj pamatot, kā tā strādās. Tāpēc Kārlis, Elizabete un Līna izmēģina kombučas ražotnes modeli, un viņiem ir jābūt ziņošanai par fizikas, ķīmisko, fizikas siltuma un elektrisko slēgumu procesus. Izmēģinājumam viņi izveido mazāku ražošanas procesa modeli.

Kombučas pagatavošana sākas ar ūdens karsēšanu. Iepriekšējā dienā telpā jau ir sagatavots 20 litru elektriskais vārkatls, kurā ir piepildīts 20 kg ūdens. Katla masa ir 2,2 kg, katla materiāls – nerūsējošais tērauds. Telpas temperatūra tiek uzturēta 20°C. Sākumā ūdens jāpasterizē, tāpēc to paredzēts uzkarstēt līdz 80°C. Tad sildelementu izslēdz, sakarsētajā ūdenī iemaisa cukuru un ieber zaļo tēju. Tālākais process būs atdzesēt sagatavoto šķīdumu līdz 20 – 24°C, nofiltrēt to, pārliet fermentācijas katlā, ieliet šķīdumā kombučas rauga sēni, nodrošināt tīru vidi, lai šķīdumā neiekļūst nevēlamas sēnes un baktērijas, un kombučas raugs aptuveni divu nedēļu laikā radīs garšīgo dzērienu, ko pildīs traukos pārdošanai. Bet šodien detalizētāk pievērsīsimies tikai procesa sākuma daļai – ūdens pasterizēšanai.

Zināms, ka ūdens īpatnējā siltumietilpība ir  $4182 \frac{J}{kg \cdot K}$  un nerūsējošā tērauda īpatnējā siltumietilpība ir  $500 \frac{J}{kg \cdot K}$ .

A. Jaunieši sākumā izmantoja vārkatlu ar sildelementu, kura nomināljauda ir 3 kW, un izmērīja, ka ūdens karsēšana aizņēma 45 minūtes.

(A.1) (3 punkti) 1. Cik liels bija siltuma enerģijas zudums, karsējot ūdeni pasterizēšanai?

#### Atrisinājums:

Kopējo siltuma daudzumu karsēšanai  $Q$  veido ūdens  $Q_u$  un tērauda katla  $Q_t$  karsēšanai nepieciešamā enerģija:

$$Q_L = (c_u m_u + c_t m_t) \Delta T = (4182 \cdot 20 + 500 \cdot 2.2) \cdot 60 = 5084.4 \text{ kJ} \quad (1)$$

Ja reālais vārīšanas laiks  $t = 45 \text{ min}$ , tad  $Q_P = Pt = 3 \text{ kW} \cdot 45 \cdot 60 = 8100 \text{ kJ}$ .

Enerģijas zudumi  $Q_P - Q_L = 3016 \text{ J}$ .

**Ieteikums vērtēšanai:**

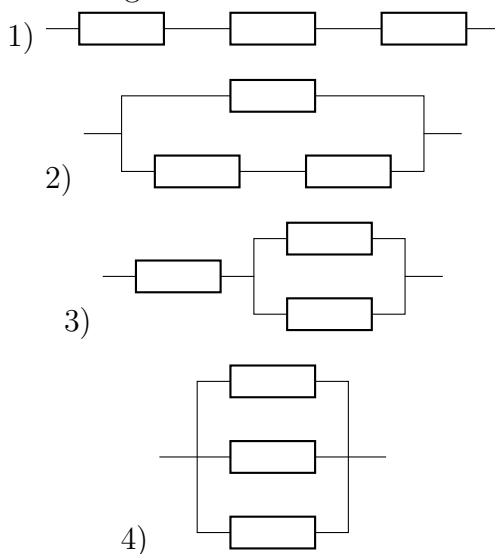
- $Q$  aprēķins ūdenim +  $Q$  aprēķins tērauda katlam (1 punkts)
- Aprēķināta sildītāja izdalītais siltums  $Q_P$  aprēķināts (1 punkts)
- Izrēķināta siltumu starpība (1 punkts)

B. Lai šo darba posmu varētu paveikt īsākā laikā, jaunieši plāno izmantot citu vārkatlu. Proti, tas būs vārkatls, kuram ir iemontēti trīs 2 kW nomināljaudas sildelementi. Šī vārkatla katram sildelementam ir divas izejas spāiles, kuras paredzētas 220 V pieslēgumam, tad sildelements darbotos nominālā režīmā. (Sildelementi ir vienkārši aktīvi sildītāji ar stiepli, kur pretestība nav atkarīga no temperatūras.)

(B.1) (2 punkti) Norādiet visus iespējamus variantus, kā var saslēgt jaunā vārkatla trīs 2 kW nomināljaudas sildelementus! Cik liela ir katra slēguma kopējā jauda?

**Atrisinājums:**

Pastāv iespēja saslēgt 4 dažādus slēgumus:



Sildītāji darbosies atbilstoši nomināljaudai tikai ceturtajā slēgumā, kur visi trīs sildelementi ir saslēgti paralēli, pieslēdzot tos katru nomināljaudai atbilstošajam spriegumam 220 V.

2 kW sildītāja pretestības  $R_2$  aprēķins:

$$P_{n2} = \frac{U^2}{R_2} \quad (2)$$

$$R_2 = \frac{U^2}{P_{n2}} = \frac{220^2}{2000} = 24.2 \Omega \quad (3)$$

Jaudas aprēķins katram slēgumam 1) – 4):

1.

$$R_{tot} = 3R_2 \quad (4)$$

$$P = \frac{U^2}{3R_2} = 666.7 \text{ W} \quad (5)$$

2.

$$R_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2 + R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{2R_2}} = \frac{1}{1.5} R_2 = \frac{2}{3} R_2 \quad (6)$$

$$P = \frac{3U^2}{2R_2} = 3 \text{ kW} \quad (7)$$

3.

$$R_{tot} = R_2 + \frac{1}{\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2}\right)} = R_2 + \frac{R_2}{2} = 1.5R_2 \quad (8)$$

$$P = \frac{2U^2}{3R_2} = 1333.3 \text{ W} \quad (9)$$

4.

$$R_{tot} = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2}\right)} = \frac{R_2}{3} \quad (10)$$

$$P = \frac{3U^2}{R_2} = 6 \text{ kW}. \quad (11)$$

**Ieteikums vērtēšanai:**

- Par katru no slēgumiem un to izrēķināto jaudu (0.5 punkti)

(B.2) (1 punkts) Gadījumā, ja tiktu pieslēgti trīs 2 kW sildelementi, kāds būtu īsākais ūdens pasīvēšanas laiks, ja neņemtu vērā siltuma zudumus?

**Atrisinājums:**

Īsākais ūdens uzkarsēšanas laiks arī atbilst trešajam jeb sildelementu paralēlslēgumam, jo tad slēgumam ir vislielākā jauda  $P = 6 \text{ kW}$ .

Jākarsē ir ūdens un tērauda katls:

$$Q = (c_u m_u + c_t m_t) \Delta T = (4182 \cdot 20 + 500 \cdot 2.2) \cdot 60 = 5084.4 \text{ kJ}. \quad (12)$$

Karsēšanas laiks  $t = \frac{Q}{P} = \frac{5084.4}{6} = 847.4 \text{ s} = 14.1 \text{ min}$ .

**Ieteikums vērtēšanai:**

- ir izvēlēts jaudīgākais slēgums, ir izrēķināts kopējais siltuma daudzums un ir aprēķināts karsēšanas laiks (1 punkts)

- (B.3) (1 punkts) Tiek domāts arī par elektriskā drošinātāja izvēli. Ja tiek izmantots visu trīs sildelementu jaudīgākais slēgums, cik liela ir maksimālā strāva šādā slēgumā? (Vadu elektrisko pretestību šajā punktā neņemt vērā.)

**Atrisinājums:**

Maksimālās strāvas aprēķins:

$$R_{tot} = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2}\right)} \quad (13)$$

$$I = \frac{3U}{R_2} = \frac{3 \cdot 220}{24.2} = 27.27 \text{ A} \quad (14)$$

vai  $I = \frac{P}{U} = \frac{6000}{220} = 27.27 \text{ A}.$

**Ieteikums vērtēšanai:**

- ir noteikta maksimālā strāva (1 punkts)

- (B.4) (3 punkti) Jaunais katls atrodas 50 m attālumā no rozetes. Cik liela diametra vara vadus jāizmanto, lai pagarinātāja vadā izdalītos mazāk par 5% no lietderīga siltuma? Uzskatīt, ka trīs 2 kW nomināljaudas sildelementi ir pieslēgti paralēli. Vara īpatnējā elektriskā pretestība ir  $1.7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m.$

**Atrisinājums:**

Vienas fāzes jeb 220 V slēgumam nepieciešami 2 vadi, tāpēc vada kopējais garums ir  $2l$ . Pagarinātāja vada pretestība

$$R_{pg} = \frac{\rho \cdot 2l}{\frac{\pi d^4}{4}} = \frac{8\rho l}{\pi d^4} \quad (15)$$

Kopējā pretestība  $R_{tot} = \frac{R_2}{3} + \frac{8\rho l}{\pi d^4}$ ;  $I = \frac{U}{R_{tot}}$ .

Izdalītā siltuma daudzums  $\alpha = \frac{P_{pg}}{P_s} = 0.05 = 5\%$ .

$$P_{pg} = I^2 R_{pg} = I^2 \frac{8\rho l}{\pi d^4} \quad (16)$$

$$P_s = I^2 R_s = I^2 \frac{R_2}{3} \quad (17)$$

$$\alpha = \frac{P_{pg}}{P_s} = \frac{3}{R_2} \frac{8\rho l}{\pi d^4} = \frac{24\rho l}{\pi d^4 R_2} \quad (18)$$

Izsakot diametru, iegūst:

$$d = \sqrt[4]{\frac{24\rho l}{\alpha \pi R_2}} \quad (19)$$

Vada diametrs  $d = \sqrt[4]{\frac{24 \cdot 10^{-8} \cdot 1.7 \cdot 10^{-8} \cdot 50}{5 \cdot \pi \cdot 24.2}} = 2.3 \text{ mm}.$

**Ieteikums vērtēšanai:**

- ir parādīta vada īpatnējā pretestība (1 punkts)
- ir parādīta izpratne par jaudas aprēķinu un lietderības attiecību. Ir parādīta aprēķinu gaita un rezultāts. Var būt dažādi aprēķinu ceļi. (2 punkti)

## 9-2 Auto tuksnesī

Viens ciems no otra tuksnesī atrodas tieši uz ziemeļiem attālumā  $l = 40$  km. Tuksneša virsma ir horizontāla un līdzena. Ceļotājam jānokļūst no viena ciemata uz otru, izbraucot cauri divām iekārtotām apstāšanās vietām pa ceļam tuksnesī, lai paņemtu vēstules.

Sākotnēji auto brauca vienmērīgi taisnā virzienā uz pirmo iekārtoto apstāšanās vietu, tad – vienmērīgi taisnā virzienā uz otro iekārtoto apstāšanās vietu, kas bija atzīmētas kartē, un visbeidzot – vienmērīgi taisnā virzienā uz galamērķi – otro ciematu. Tādējādi auto maršrutu veidoja trīs taisnas līnijas. Auto ātrums katrā no posmiem varēja būt atšķirīgs.

Lai izvairītos no smilšu vētras, ceļotājs visu laiku mērīja vēja ātrumu un virzienu brauciena laikā (attiecībā pret automašīnu). Līdz pirmajai apstāšanās vietai auto brauca  $t_1 = 30$  minūtes, vēja virziens bija tieši no rietumiem un izmērītais vēja ātrums bija  $v_1 = 15$  m/s. Otro posmu auto nobrauca  $t_2 = 15$  minūtēs, vēja virziens bija tieši no ziemeļrietumiem un izmērītais vēja ātrums bija  $v_2 = 10$  m/s. Pēdējo posmu auto nobrauca  $t_3 = 15$  minūtēs, vēja virziens bija tieši no ziemeļaustrumiem un izmērītais vēja ātrums bija  $v_3 = 5$  m/s.

- A. (7 punkti) Vēja ātrums un virziens tuksnesī nemainījās, kamēr ceļotājs pārvietojās. Cik liels bija vēja ātrums (attiecībā pret Zemi)? Pieņemsim, ka laiks, kas bija vajadzīgs, lai paņemtu vēstules katrā no apstāšanās vietām, pagrieztos un paātrinātos ir tik mazs, ka to neņemsim vērā.

### Atrisinājums:

Uzdevumā apskatītā situācija apraksta auto kustību attiecībā pret vēju. Lai nonāktu līdz atbildei, situācija jāapskata vēja atskaites sistēmā (1 punkts).

Pirmajā posmā auto nobrauca rietumu virzienā attālumu (0.5 punkti):

$$l_1 = v_1 t_1 = 15 \cdot 30 \cdot 60 = 27\,000 \text{ m} = 27 \text{ km} \quad (20)$$

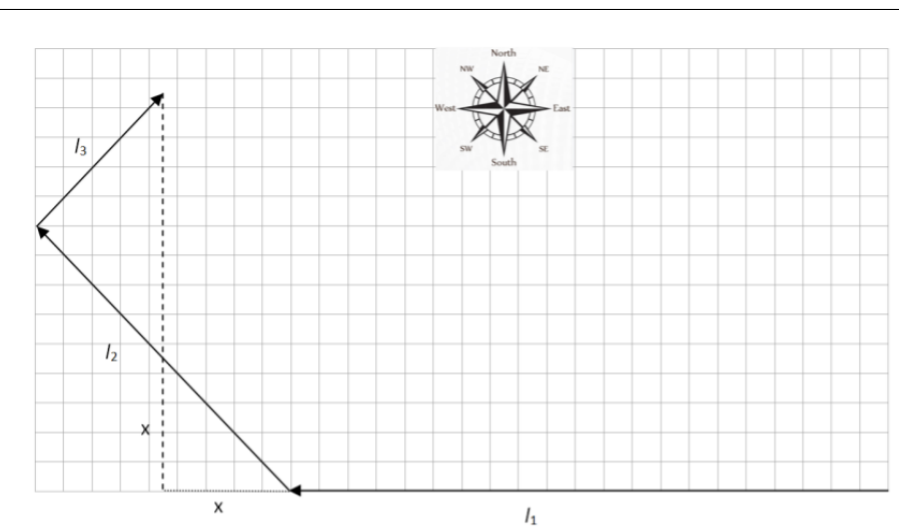
Otrajā posmā auto nobrauca ziemeļrietumu virzienā attālumu (0.5 punkti):

$$l_2 = v_2 t_2 = 10 \cdot 15 \cdot 60 = 9\,000 \text{ m} = 9 \text{ km} \quad (21)$$

Trešajā posmā auto nobrauca ziemeļaustrumu virzienā attālumu (0.5 punkti):

$$l_3 = v_3 t_3 = 5 \cdot 15 \cdot 60 = 4\,500 \text{ m} = 4.5 \text{ km} \quad (22)$$

Par attēlu zemāk (1 punkts).



Kopējais pārvietojums ziemeļu virzienā attiecībā pret Zemi (raustītā līnija). Raustītā līnija izveido divus taisnleņķa vienādsānu trijstūrus (0.5 punkti).

Augšējā taisnleņķa trijstūra katetes ir ar garumu  $l_3$ , bet hipotenūza  $\sqrt{2}l_3^2 = l_3\sqrt{2}$ . Apakšējā taisnleņķa trijstūra katetes:  $x = x$  un hipotenūza  $l_2 - l_3 = \sqrt{(x^2 + x^2)} = x\sqrt{2}$ , no kurienes:

$$x = \frac{l_2 - l_3}{\sqrt{2}} = \frac{9 - 4.5}{\sqrt{2}} \approx 3.2 \text{ km} \quad (23)$$

Kopējais pārvietojums ziemeļu virzienā (1 punkts):

$$L_N = x + l_3\sqrt{2} = 3.2 + 4.5\sqrt{2} = 9.5 \text{ km} \quad (24)$$

Kopējais pārvietojums rietumu virzienā attiecībā pret Zemi (1 punkts):

$$L_W = l_1 + x = 27 + 3.2 = 30.2 \text{ km} \quad (25)$$

Auto kopējais pārvietojums ziemeļu virzienā no viena ciema līdz otram ir  $l$ . Tātad gaisam būtu jāpārvietojas rietumu virzienā par attālumu  $L_W$ , bet ziemeļu virzienā – par attālumu  $l - L_N$ .

Tātad vēja ātrums (1 punkts):

$$v = \frac{\sqrt{L_W^2 + (l - L_N)^2}}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{\sqrt{30.2^2 + (40 - 9.5)^2}}{0.5 + 0.25 + 0.25} \approx 43 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 11.9 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (26)$$

- B. Šādi līdzīgi tuksneši vai izžuvuši ezeri ir piemēroti ātruma rekordu uzstādīšanai. 1997. gadā ar Lielbritānijā izgatavoto reaktīvo transportlīdzekli Thrust SuperSonic Car tuksnesī Jordānijā tika uzstādīts ātruma rekords – 1228 km/h. Auto masa ir apmēram 10 tonnas. Auto dzinēji sadedzināja 18 litrus degvielas sekundē. Šo dzinēju izdalītā siltuma jauda bija 630 MW, bet lietderīgā jauda bija 76 MW.



Attēls 1: Avots: <https://www.hotcars.com/thrust-ssc-the-land-speed-record-story/>

(B.1) (1 punkts) Cik liels darbs bija jāveic pretestības spēkiem, lai apstādinātu šo auto?

**Atrisinājums:**

Darbs ir vienāds ar kinētiskās enerģijas izmaiņu:

$$A = \frac{mv_b^2}{2} - \frac{mv_s^2}{2} \quad (27)$$

Auto masa  $m = 10 \text{ t} = 10\,000 \text{ kg}$ . Auto ātrums  $v = 1228 \text{ km/h} \approx 341 \text{ m/s}$ . Attiecīgi paveicamais darbs (1 punkts):

$$A = \left| \frac{mv_b^2}{2} - \frac{mv_s^2}{2} \right| = \frac{10000 \cdot 341^2}{2} = 58\,140\,500 \text{ J} = 58 \text{ GJ} \quad (28)$$

(B.2) (2 punkti) Cik litri no sadedzinātās degvielas sekundē tika patērēti auto kustības nodrošināšanai?

**Atrisinājums:**

Auto dzinēju lietderības koeficients (1 punkts):

$$\eta = \frac{P_{\text{lietd}}}{P} = \frac{76}{630} = 0.12 = 12\% \quad (29)$$

Sadedzinātās degvielas daudzums, kas nodrošina auto kustību (1 punkts):

$$\eta = \frac{x}{18} \rightarrow x = \eta \cdot 18 = 2.16 \frac{\text{l}}{\text{s}} \quad (30)$$



## 9-3 Atbalsis

Skaņa dabā izplatās viļņu veidā, tāpēc ar tās palīdzību ir iespējams noteikt dažādu objektu atrašanās vietu, pārvietošanās ātrumu, izmēru un pat formu! Tā ir vērtīga informācija, tādēļ tiek izmantota daudzos mehānismos, kā eholotos, ultrasonogrāfijā, fotoaparātu autofokusus un fotoradaros. Skaņas viļņu izplatīšanās skaidro atbalss rašanos un ehelokāciju jeb veidu, kā dzīvnieki orientējas dziļi zem ūdens. Skaņas viļņus dabā devās izpētīt Marta un Kaspars!

*Piebilde: uzdevuma ietvaros pieņem, ka skaņa izplatās pa taisnu līniju staru veidā! Reāli dabā, protams, skaņa izplatās visos virzienā.*

- A. (1 punkts) Cilvēks var izšķirt divus skaņas signālus, ja laika intervāls starp tiem ir vismaz 0.1 sekunde. Marta ir nostājusies ar seju, pavērstu pret garu, taisnu sienu. Kāds ir minimālais attālums no sienas, kurā viņai jāatrodas, lai saklausītu atbalsi? Pieņem, ka skaņas ātrums gaisā ir 343 m/s un Martas radītie skaņas signāli ir ļoti īsi.

### Atrisinājums:

Skaņas vilnis pārvietojas ar ātrumu 343 m/s, līdz ar to, lai saklausītu atbalsi pēc 0.1 sekundes, skaņas vilnim jāmēro ceļš  $l = 343 \cdot 0.1 = 34.3$  m. Tā kā attālums līdz sienai ir puse no skaņas viļņa noietā ceļa, tad siena atrodas  $l/2 = 17.15$  m attālumā.

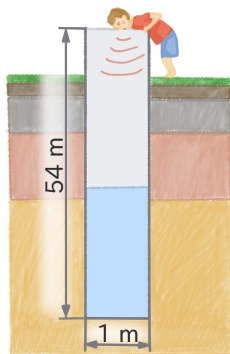
- B. (2 punkti) Tagad Marta ir nonākusi kvadrātveida telpā un stāv ar muguru pie vienas no sienām. Kāds ir mazākais sienu platums telpai, kurā iespējams uztvert atbalsi, ja viļņu atstarošanās reižu skaits nedrīkst pārsniegt trīs? Paskaidro, kādā virzienā precīzi jāraida skaņas viļņi! Zināms, ka skaņas viļņu krišanas leņķis ir vienāds ar to atstarošanās leņķi un viļņu atstarošanās no grīdas vai griestiem nenotiek.

### Atrisinājums:

Kvadrātveida telpa. Jo vairāk reižu skaņas vilnis atstarojas, jo garāku ceļu tam iespējams veikt tā paša izmēra telpā. Līdz ar to jāizdomā situācija, kurā vilnis atstarojas 3 reizes un tā veiktais ceļš ir 34.3 m (no iepriekšējā jautājuma), kā arī jāievēro, ka viļņa krišanas leņķis sakrīt ar tā atstarošanās leņķi.

Atbildē jānorāda, ka, lai arī kur Marta stāvētu, viņai jāraida skaņas viļņi  $45^\circ$  leņķī attiecībā pret sienu. Tad, ja pieņem, ka sienas platums ir  $a$ , skaņas viļņa noietais ceļš būs  $2a\sqrt{2} = 34.3$  m. No tā seko, ka sienas platums ir 12.13 m.

Skaņas viļņu izplatīšanās ātrums dažādās vidēs un apstākļos atšķiras. Ātrumu vērtības 1 atm spiedienā un  $20^\circ\text{C}$  temperatūrā dotas tabulā:



Attēls 2: Ilustratīvs akas attēlojums kopā ar Kasparu.

Vide	Ātrums $m/s$
Gaiss	343
Hēlijs	1005
Saldūdens	1445
Stikls	4500
Betons	3000

Tabula 1: Avots - Physics for Scientists & Engineers with Modern Physics, Giancoli, Doug, 491. lpp.

Kaspars pārliecās pār aku ar skaņas sensoru rokās. Viņš īsi iesaucās akas dibena virzienā, un sensoram vajadzēja detektēt divus atbalss signālus. Viens no tiem tika fiksēts 0.110 sekundes pēc Kaspara sauciena.

- C. (1 punkts) Ja aka bija 54 metrus dziļa un tās diametrs bija 1 metrs, kad vajadzēja uztvert otru signālu?

### Atrisinājums:

Ievieš apzīmējumus:  $x$  – attālums no Kaspara līdz ūdens virsmai,  $(54-x)$  – ūdens dziļums akā.

Ja fiksētais signāls nāca no ūdens virsmas, tad  $x = \frac{343 \text{ m/s} \cdot 0.110 \text{ s}}{2} = 18.865 \text{ m}$ . Otrais signāls tika saņemts laika brīdī  $\frac{2(54-x)}{1440} + 0.110 = 0.159 \text{ s}$ . Ūdens tilpums akā litros ir  $\pi \cdot 0.5^2 \cdot (54-x) \cdot 1000 = 27\,595 \text{ l}$ .

D. (1 punkts) Cik litru ūdens bija akā? Uzdevuma risināšanā izmantot tabulā doto informāciju.

### Atrisinājums:

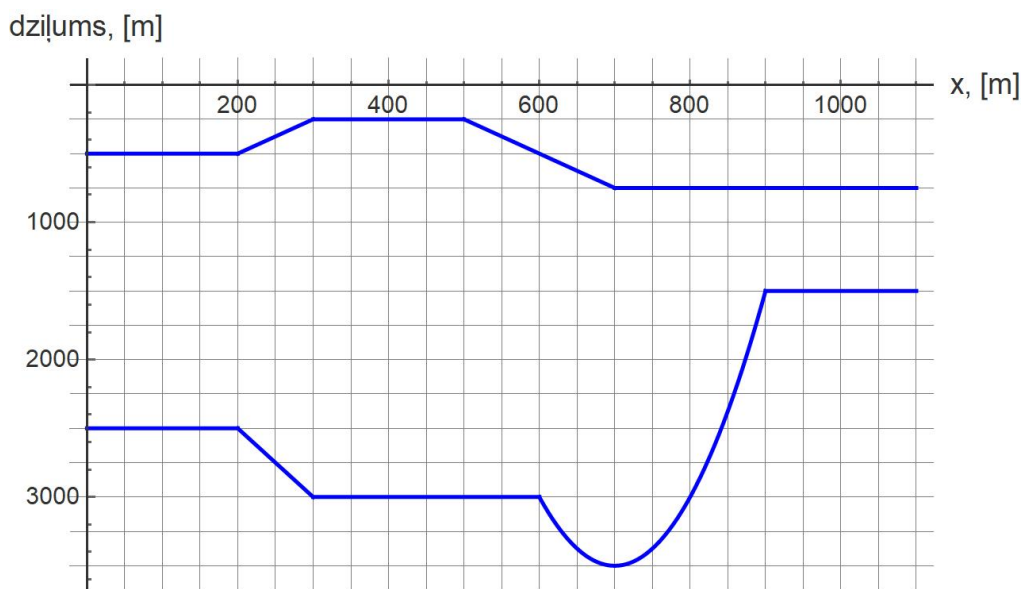
Pieņemsim tādus pašus apzīmējumus kā iepriekšējā punktā.

Ja fiksētais signāls nāca no akas dibena, tad  $0.110 = \frac{2(54-x)}{1440} + \frac{2x}{343}$  un  $x = 7.88 \text{ m}$ . Otrais signāls tika saņemts laika brīdī  $\frac{2x}{343} = 0.046 \text{ s}$ . Ūdens tilpums akā litros ir  $\pi \cdot 0.5^2 \cdot (54-x) \cdot 1000 = 36\,222 \text{ l}$ .

*Piebilde: Otrā signālu nebūs iespējams detektēt, jo tas būs miljons reizes vājāks.*

Marta un Kaspars devās ekskursijā uz kuģa, kurš ar ehlotu palīdzību mēra ūdens dziļumu, nosakot jūras, okeāna vai kādas citas ūdenstilpes reljefu. Tas raida signālus ūdens gultnes virzienā, un no uztvertās atbalss datiem tiek veidots grafiks, kas attēlo ūdens gultnes dziļumu atkarībā no koordinātas. Parasti ehloti dziļuma aprēķinam izmanto vidējo skaņas ātruma vērtību ūdenī.

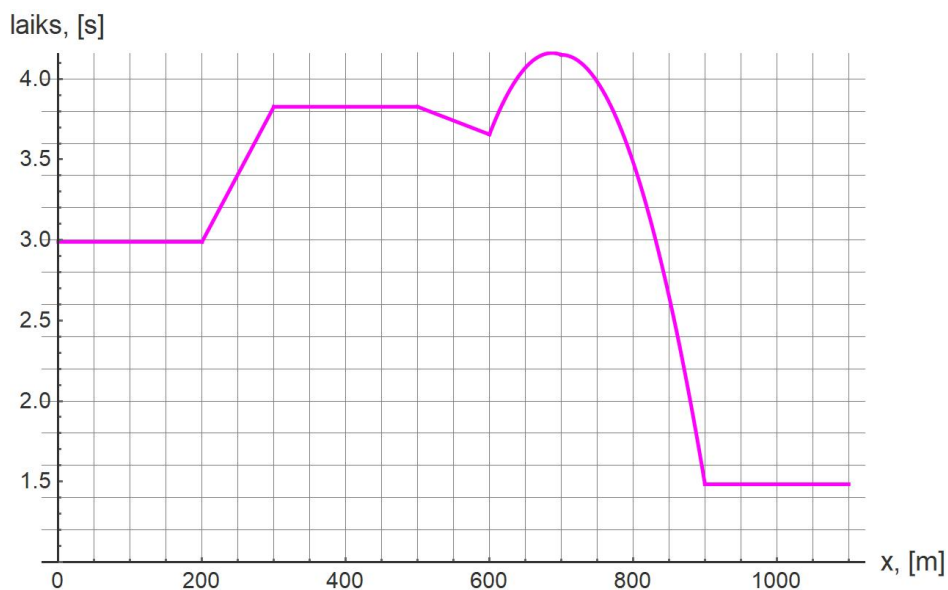
Ekskursijā tika pētīts zemāk dotais grafiks, kurā attēlots ehlotā mērījums kādai aizsalušai ūdenstilpei. Ehlotā atradās uz ledu virsmas, kur dziļums = 0 m, un raidīja skaņas viļņus vertikāli uz leju, turklāt vienmēr vilnis no robežvirsmām atstarojās pa šo pašu vertikālo līniju. Ehlotā “zināja”, ka ūdenstilpe ir aizsalusi, tāpēc aprēķinos izmantot, ka vidējais skaņas izplatīšanās ātrums ūdenī ir 1500 m/s, savukārt ledū – 3100 m/s.



Attēls 3: Grafikā parādīts, cik dziļi atrodas ledu/ūdens robežvirsmas un ūdens/gultnes robežvirsmas atkarībā no koordinātas, kurā raidīts signāls.

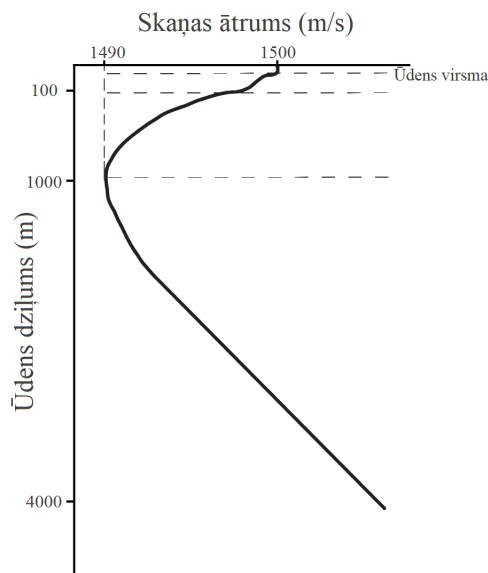
- E. (3 punkti) Izmantojot Att. 2 un augstāk doto informāciju, uzzīmē grafiku, kurā attēloti laiki, kuros saņemti skaņas signāli no gultnes, atkarībā no koordinātas! Izmanto tukšo grafiku uzdevuma beigās!

### Atrisinājums:



Lai iegūtu šī grafika  $y$  ass vērtības no dotā grafika, jāizmanto sakarība  $\frac{2 \cdot y_{\text{ledus}}}{3100} + \frac{2 \cdot (y_{\text{ūdens}} - y_{\text{ledus}})}{1500}$ , kur  $y_{\text{ledus}}$  ir ledus biezums (augšējās līknes  $y$  ass vērtība) un  $y_{\text{ūdens}}$  ir ūdens dziļums (apakšējās līknes  $y$  ass vērtība).

Lai arī ūdenstilpes dziļuma aprēķinam tiek izmantota vidējā skaņas viļņu izplatīšanās ātruma vērtība ūdenī, šis skaņas ātrums nav konstants (skatīt Att. 3).



Attēls 4: Grafikā zemāk redzams, ka skaņas ātrums mainās atkarībā no dziļuma jūrā (uz  $x$  ass attēlotas skaņas ātruma vērtības (m/s), uz  $y$  ass atzīmēts dziļums zem jūras līmeņa (m))

- F. (2 punkti) Novērtēt eholota maksimālo attāluma mērīšanas kļūdu procentos, ja eholota iestatījumos skaņas ātrums ir 1500 m/s un jūras dziļums nepārsniedz 4 km. Ūdenstilpei nav ledus.

### Atrisinājums:

Relatīvā kļūda dziļuma mērījumam būs  $r = \frac{z_{\text{patiesais}} - z_{\text{tuvinātais}}}{z_{\text{tuvinātais}}}$ , kur  $z_{\text{tuvinātais}} = 1500 \cdot t$  ir dziļums, ko aprēķina eholots, bet  $z_{\text{patiesais}} = v_{\text{vid}} \cdot t$  ir patiesais dziļums, kāds ir līdz gultnes dibenam. Šeit  $v_{\text{vid}}$  ir vidējais skaņas ātrums šķidrumā līdz dziļumam  $z_{\text{patiesais}}$ . Jāņem vērā, ka  $z_{\text{patiesais}}$  un  $z_{\text{tuvinātais}}$  ļoti maz atšķiras, tāpēc nav lielas atšķirības vai  $r$  izteiksmē saucējā ir  $z_{\text{patiesais}}$  vai  $z_{\text{tuvinātais}}$ . Ievietojot izteiksmes, iegūst, ka

$$r = \frac{v_{\text{vid}} \cdot t - 1500 \cdot t}{1500 \cdot t} = \frac{v_{\text{vid}}}{1500} - 1$$

Redzam, ka vislielākā  $r$  vērtība būs, kad  $v_{\text{vid}}$  būs vislielākais vai vismazākais.

Vislielākā atšķirība ātrumam no 1500 m/s ir pie  $z = 1000$  m. Vidējais skaņas ātrums līdz šim dziļumam ir aptuveni  $v_{\text{vid}} \approx \frac{1500+1490}{2} = 1495$  m/s. Kā rezultātā iegūstam, ka  $r \approx \frac{1495}{1500} - 1 = -0.0033 = 0.33\%$ .

Tā kā šis ir novērtēšanas uzdevums, tad precīzāka vērtība nav jāiegūst. Pilnus punktus var iegūt arī par vērtību, kas iegūta, izmantojot  $v_{\text{vid}} \approx v_{\text{min}} = 1490$  m/s.

*Piebilde: Minimālā vidējā ātruma vērtība ir  $v_{\text{vid}} = 1494$  m/s, ko iegūst, rēķinot vidējo ātrumu līdz dziļumam  $z \approx 1600$  m*

Uzdevumam E paredzētā atbilžu lapa, kurā jāattēlo atbilde (melnrakstam un tīrrakstam):

