

Fizikas 64. olimpiādes III posms

Uzdevumi ar atrisinājumiem

**Teorētiskā kārta
2014. gada 10. aprīlī**

9. klase

Jums tiek piedāvāti trīs uzdevumi. Par katru uzdevumu maksimāli iespējams iegūt 10 punktus. Katra uzdevuma risinājumu vēlams veikt uz atsevišķas rūtiņu lapaspuses. Neaizmirstiet uzrakstīt risināmā uzdevuma un soļa numuru! Baltais papīrs paredzēts melnkrakstam — to žūrijas komisija neskatīsies. Laiks — 180 minūtes.

1. uzdevums

A Automašīna 15 minūšu laikā nobrauca 20 km. Aprēķiniet tās vidējo ātrumu (km/h).

$$15 \text{ min} = 0,25 \text{ h}$$

$$v = s/t = 20/0,25 = \mathbf{80 \text{ (km/h)}}$$

B Automašīna nobrauca 10 km ar ātrumu 50 km/h un tad 10 km ar ātrumu 100 km/h. Aprēķiniet laiku, kas tika iztērēts visu 20 km veikšanai, un aprēķiniet automašīnas vidējo ātrumu.

$$v = s/t$$

$$s = 10 + 10 = 20 \text{ (km)}$$

$$t = t_1 + t_2, \text{ kur } t_1 \text{ un } t_2 \text{ ir laiks, kurā automašīna nobrauca attiecīgi 1. un 2. ceļa pusi.}$$

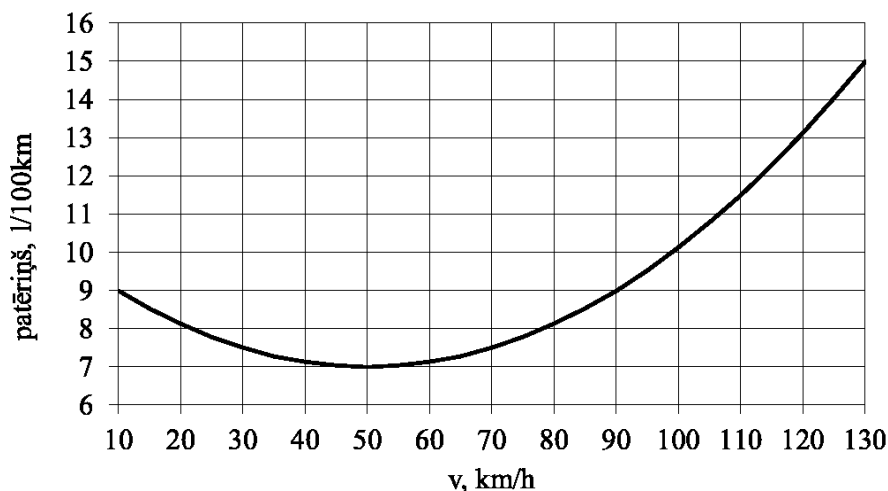
$$t_1 = s/v_1 = 10/50 = 0,2 \text{ (h)}$$

$$t_2 = s/v_2 = 10/100 = 0,1 \text{ (h)}$$

$$t = 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ (h)} = \mathbf{18 \text{ (min)}}$$

$$v = s/t = 20/0,3 = \mathbf{66,7 \text{ (km/h)}}$$

C Grafikā ir attēlots aptuvenš automašīnas benzīna patēriņš atkarībā no braukšanas ātruma (litros uz 100 km).



Aprēķiniet un salīdziniet patērēto degvielas daudzumu, nobraucot 100 kilometrus divos dažādos veidos:

- 1) Braucot pirmos 50 km ar ātrumu 50 km/h un atlikušos 50 km – ar 100 km/h.
- 2) Braucot visus 100 km ar 80 km/h.

Apzīmēsim patēriņu (litri/100 km) ar P , un pieņemsim ka $P(50 \text{ km/h}) = 7$, $P(80 \text{ km/h}) = 8$, $P(100 \text{ km/h}) = 10$.

$$1) 0,5 \cdot 7 + 0,5 \cdot 10 = \mathbf{8,5 \text{ (l)}}$$

$$2) 1 \cdot 8 = \mathbf{8 \text{ (l)}}$$

D Jānim un Pēterim jānobrauc vienāds attālums – 50 km. Jānis to nobrauca ar vidējo ātrumu 90 km/h, bet Pēteris pārkāpa noteikumus un brauca ar ātrumu 120 km/h. Atrodiet braukšanai patērētā laika starpību – par cik minūtēm Pēteris nobrauca ātrāk. Pieņemot, ka viens benzīna litrs maksā 1,5 eiro, cik maksā katra minūte, ko "ietaupa" Pēteris, salīdzinot ar Jāni? Izmantojiet C jautājumā doto grafiku.

$$\text{Jānim } t = s/v = 50/90 = 0,556 \text{ (h)}$$

$$\text{Pēterim } t = s/v = 50/120 = 0,417 \text{ (h)}$$

$$\text{Laiku starpība } \Delta t = 0,556 - 0,417 = 0,139 \text{ (h)} = \mathbf{8,34 \text{ (min)}}$$

$$\text{Jānis iztērēja } 0,5 \cdot P(90) = 0,5 \cdot 9 = 4,5 \text{ (l)}$$

$$\text{Pēteris iztērēja } 0,5 \cdot P(120) = 0,5 \cdot 13 = 6,5 \text{ (l)}, \text{ t. i. par 2 litriem vairāk}$$

$$\text{Tas maksā } 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ eiro, un izdalot ar patērēto laiku iegūst } \mathbf{0,36 \text{ eiro/min}}$$

E Pēteris strādā par kurjeru, tāpēc viņam jānobrauc 100 km 50 minūtēs, un par katru nokavēto minūti darba devējs sods viņu ar 0,3 eiro. Pieņemiet, ka degvielas patēriņa grafika formu (grafiks dots jautājumā C) var matemātiski aprakstīt ar parabolu $y = (v - 50)^2/800 + 7$, kur y ir benzīna patēriņš (l/100 km) un v ir ātrums (km/h).

- 1) Sastādiet vienādojumus kas apraksta Pētera zaudējumus (eiro) atkarībā no braukšanas ātruma (km/h), kur ievērots sods un iztērētā benzīna cena.

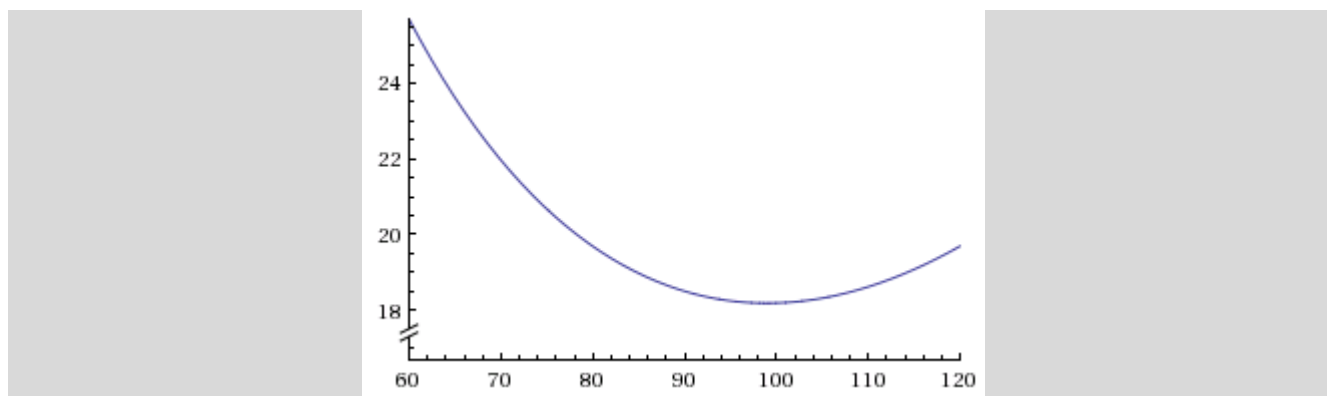
$$\text{Iztērētā benzīna cena: } ((v - 50)^2/800 + 7) \cdot 1,5$$

$$\text{Laiks, kurā Pēteris nobrauca ceļu: } t = s/v = 100/v$$

$$\text{Soda nauda (laika starpība reizināta ar 60, lai iegūtu minūtes): } (100/v - 5/6) \cdot 60 \cdot 0,3$$

$$\text{Pilnie Pētera zaudējumi: } ((v - 50)^2/800 + 7) \cdot 1,5 + (100/v - 5/6) \cdot 60 \cdot 0,3$$

- 2) Attēlojiet iegūto sakarību grafiski, ātruma intervālā no 60 līdz 120 km/h. Izmantojiet ne mazāk par 4 datu punktiem.

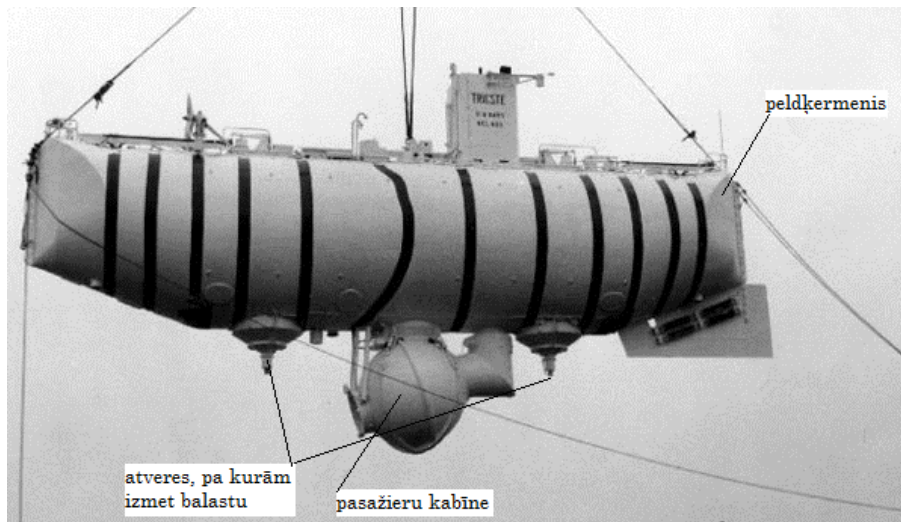


- 3) Aptuveni novērtējiet ātrumu, ar kuru jābrauc Pēterim, lai kopējās izmaksas būtu minimālas. Pieņemiet, ka Pēteris visu ceļu brauc ar nemainīgu ātrumu.

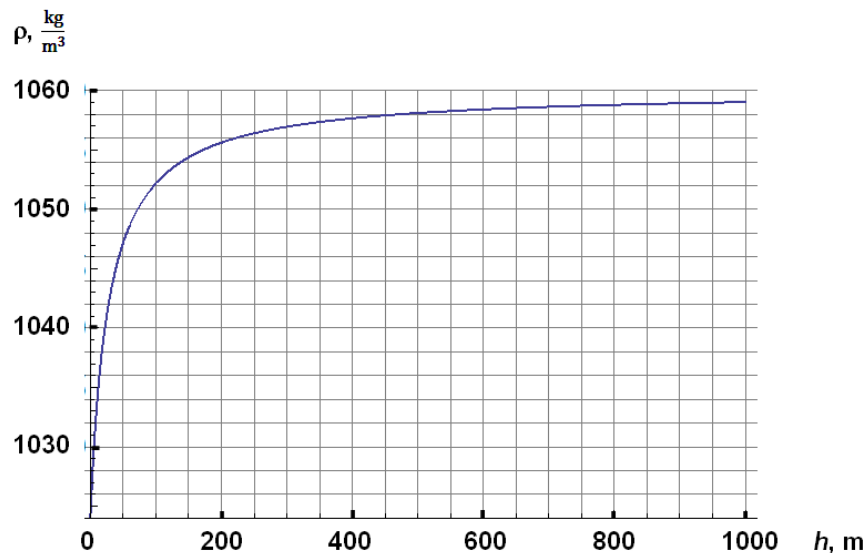
Ir izdevīgāk braukt ar apmēram **100 km/h**

2. uzdevums

1960.g. janvārī Žaks Pikārs un Dons Volšs ar batiskafu „Trieste” pirmo reizi cilvēces vēsturē nolaidās Zemes dziļākajā punktā - Čelendžera dzelmē. Batiskafs sastāv no sfēriskas tērauda kabīnes, kur atrodas pasažieri un zinātniskās iekārtas, un cilindriska peldķermeņa, kas pildīts ar benzīnu. Kā balastu izmanto dzelzs lodes, ko notur elektromagnēts.



Batiskafa vertikālo kustību zem ūdens var regulēt divos veidos: var izlaist no peldķermeņa noteiktu tilpumu benzīna, kā rezultātā tur ieplūst tāds pats tilpums okeāna ūdens, un var nomest daļu no balasta. Kabīnes un peldķermeņa kopējā masa (ieskaitot pasažierus un visas iekārtas, bet neieskaitot benzīnu un balastu) 55,0 t. Balasta masa 18,0 t. Balasta tilpumu neievērot. Peldķermeņa ietilpība 85,0 m³. Benzīna blīvums normālos apstākļos 726,0 kg/m³. Pieņem, ka benzīna blīvums ir nemainīgs. Okeāna ūdens blīvuma ρ atkarība no dziļuma h (ņemta vērā gan temperatūras, gan spiediena ietekme) redzama dotajā grafikā. Brīvās krišanas paātrinājums $g = 10,0 \frac{m}{s^2}$.



A Kuri no apgalvojumiem par batiskafu „Trieste” ir pareizi? (Iespējami vairāki pareizi apgalvojumi).

- 1) Batiskafa vidējais blīvums ir tuvs $0 \frac{kg}{m^3}$.
- 2) Ja iegremdēta batiskafa peldķermenī būtu iepildīts gaiss, nevis benzīns, tad uz batiskafu darbotos lielāks Arhimēda spēks.

- 3) Ja batiskafa peldķermenī būtu iepildīts gaiss, nevis benzīns, tad batiskafa vidējais blīvums būtu mazāks.
- 4) Ja batiskafs ir daļēji iegrimis ūdenī, uz to darbojas Arhimēda spēks.
- 5) Ja batiskafa vidējais blīvums būs mazāks par ūdens blīvumu, batiskafs vienmēr kustēsies uz augšu.

Patiesi apgalvojumi ir 3) un 4).

B Zinot, ka, izmetot 4,3 t balasta, batiskafs ir spējīgs noturēties līdzsvara stāvoklī pilnīgi iegrimis nedaudz zem ūdens virsmas, aprēķiniet tā tilpumu! Batiskafa peldķermenis ir pilns ar benzīnu. Ūdens blīvums pie virsmas $\rho_{\text{ūd}} = 1024 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Rezultējošā masa $55,0 + (18,0 - 4,3) + \rho_b V_b = 63,8 + 61,7 = 130,4 \text{ t}$

Ja tas spēj noturēt līdzsvaru, tad tā vidējais blīvums $\rho_1 = \rho_{\text{ūd}} = 1024 \text{ kg/m}^3$ un $V_0 = m/\rho_{\text{vid}} = 127,3 \text{ m}^3$

C Batiskafu palaiž jūrā ar pilnu balastu un pilnu peldķermeni ar benzīnu un ļauj tam grimt. Kādā dziļumā h_1 batiskafs atradīsies spēku līdzsvarā?

Batiskafa blīvums $\rho_o = M/V_o = (55,0 + 18,0 + \rho_b V_b)/V_o = 134,7 \text{ t}/127,3 \text{ m}^3 = 1058 \text{ kg/m}^3$

No grafika var nolasīt, ka batiskafa blīvums vienāds ar ūdens blīvumu pie $h_1 = 475 \text{ m}$. Tas arī ir meklētais dziļums.

D Batiskafam lēni ienirstot, kapteinis to ir nostādījis līdzsvara stāvoklī dziļumā $h_2 = 200 \text{ m}$. Tehniskas kļūmes dēļ ventilis no peldķermeņa izlaiž $V_1 = 100 \text{ l}$ benzīna un tajā ieplūst tāds pats tilpums ūdens. Cik daudz balasta jānomet, lai saglabātu līdzsvaru?

Smaguma spēks kļūst lielāks par $\Delta F = (\rho_{\text{ūd}} - \rho_b)Vg = (1056 - 726) \cdot 0,1 \cdot 10 = 330 \text{ N}$. Lai saglabātos līdzsvars, smaguma spēkam arī jāsamazinās par tādu pašu lielumu. $\Delta m = \Delta F/g = 330/10 = 33 \text{ kg}$

E Batiskafam lēni ienirstot, kapteinis to ir nostādījis līdzsvara stāvoklī dziļumā h_1 (skat. C. jautājumu). Cik daudz benzīna jāizlaiž, lai batiskafa vidējais blīvums kļūtu $\rho_2 = 1060 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, un tas varētu turpināt ceļu lejup?

$$\rho_o = M/V_o = 1058 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_2 = (M + (\rho_{\text{ūd}} - \rho_b)V_x)/V_o = \rho_o + [(\rho_{\text{ūd}} - \rho_b)V_x]/V_o$$

$$V_x = (\rho_2 - \rho_o)V_o/(\rho_{\text{ūd}} - \rho_b) = 2 \cdot 127,3/332 = 767 \text{ l}$$

3. uzdevums

Pagalumā atrodas čuguna ūdenssildāmais katls un malka. Lai ūdenssildāmajā katlā sasildītu 200 litrus ūdens no 10°C līdz 60°C temperatūrai, Artūrs sadedzināja 6 kg sausas malkas.

Sausas malkas īpatnējais sadegšanas siltums ir vienāds ar 10,2 MJ/kg. Ūdens īpatnējā siltumietilpība ir vienāda ar $c_{\text{ūdens}} = 4200 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, čuguna īpatnēja siltumietilpība ir vienāda ar $c_{\text{čug}} = 540 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.

A Aprēķināt, cik liels siltuma daudzums izdalījās, sadedzinot malku.

$$Q = qm_{\text{malka}} = 10,2 \text{ MJ/kg} \cdot 6 \text{ kg} = \mathbf{61,2 \text{ MJ}}$$

B Aprēķināt, cik liels siltuma daudzums nepieciešams 200 litru ūdens uzsildīšanai no 10°C līdz 60°C.

$$Q_1 = c_{\text{ūdens}} \cdot m_{\text{ūdens}} \cdot (t_2 - t_1) = 4200 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)} \cdot 200 \text{ kg} \cdot 50 \text{ K} = 42\,000\,000 \text{ J} = \mathbf{42 \text{ MJ}}$$

C Aprēķināt, cik liels siltuma daudzums nepieciešams 80 kg smaga čuguna katla uzsildīšanai no 10°C līdz 60°C.

$$Q_2 = c_{\text{čuguns}} \cdot m_{\text{čuguns}} \cdot (t_2 - t_1) = 540 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)} \cdot 80 \text{ kg} \cdot 50 \text{ K} = \mathbf{2,16 \text{ MJ}}$$

D Aprēķināt, cik liels bija ūdens sildīšanas lietderības koeficients, sadedzinot malku, ūdenssildāmajā katlā.

Lietderības koeficients nosaka sistēmas enerģijas izmantošanas vai pārdošanas efektivitāti. Pats svarīgākais šajā punktā bija saprast, kas ir lietderīgais enerģijas patēriņš šajā situācijā. Artūrs dedzināja malku ar mērķi sasildīt ūdeni. Līdz ar to lietderīgais enerģijas patēriņš ir $Q_1 = 42 \text{ MJ}$. Savukārt viss patērētais enerģijas daudzums ir vienāds ar $Q = 61,2 \text{ MJ}$. Līdz ar to $\eta = Q_1/Q = \mathbf{68,6 \%}$

E Naktī lija lietus, malka kļuva mitra, un, lai uzsildītu 200 litrus ūdens no 10°C līdz 60°C temperatūrai tajā pašā ūdenssildāmajā katlā – sadedzināja 7 kg slapjas malkas.

Aprēķināt ūdens masu, kuru uzņēma sevī malka (uzskatīt, ka sadegšanas siltuma samazināšanās notiek tāpēc, ka ūdens daļai, kuru uzņēma malka, jāuzsilst un jāiztvaiko, savukārt siltuma zudumi ūdens sasildīšanai ūdenssildāmajā katlā ir tie paši, kas iepriekšējā dienā). Ūdens īpatnējais iztvaikošanas siltums ir vienāds ar $L = 2,3 \text{ MJ/kg}$.

Viss siltuma daudzums, kas izdalījās šajā procesā ir $Q_{\text{viss}} = m_{\text{sausā}} \cdot q = (m_{\text{slapja}} - m_{\text{ūdens}}) \cdot q$, kur $m_{\text{sausā}}$ un m_{slapja} ir attiecīgi masa sausai un slapjai malkai, bet $m_{\text{ūdens}}$ ir masa ūdenim, kuru uzņēma malka.

$Q_{\text{viss}} = Q + c_{\text{ūdens}} \cdot m_{\text{ūdens}} \cdot \Delta t + Lm_{\text{ūdens}}$, kur $Q = 61,2 \text{ MJ}$ ir vienāds ar siltuma daudzumu, kas tika patērēts ūdens sildīšanai iepriekšējā dienā (ievērojot siltuma zudumus) un atlikusī daļa ir vienāda ar enerģiju, kuru jāpatērē, lai uzsildītu un iztvaicētu ūdens daļu, kuru uzņēma malka.

$$\text{Tāpēc } Q + c_{\text{ūdens}} \cdot m_{\text{ūdens}} \cdot \Delta t + Lm_{\text{ūdens}} = (m_{\text{slapja}} - m_{\text{ūdens}}) \cdot q$$

$$\text{No šejienes } m_{\text{ūdens}} = (m_{\text{slapja}} \cdot q - Q) / (c\Delta t + L + q) = \mathbf{0,795 \text{ kg}}$$

F Aprēķināt, cik liels stāvas stiprums ķēdē ar barošanas spriegumu 220 V ir nepieciešams, lai elektriskais boilers 4 stundās sasildītu 200 litrus ūdens no 10°C līdz 60°C temperatūrai, ja boileru lietderības koeficients ir vienāds ar 80%.



Pēc Džoula-Lenca likuma $Q_{el} = I^2 R t = U I t$

$\eta = Q_1 / Q_{el} = Q_1 / U I t$. No kurienes $I = Q_1 / U \eta t$

$I = 42\,000\,000 \text{ J} / (220 \text{ V} \cdot 0,8 \cdot 14400 \text{ s}) = \mathbf{16,6 \text{ A}}$