

Fizikas valsts 65. olimpiāde Otrā posma uzdevumi 11. klasei

11 – 1 Siltumapmaiņa un izplešanās

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Cilindrisks trauks ar plānām sienām ar augstumu h_{\max} ir 512 mm un šķērsriezuma laukumu $S = 360 \text{ cm}^2$ līdz augstumam h tiek piepildīts ar ūdeni un novietots uz biezas pamatnes, kas tiek sildīta, sadedzinot malku. Ūdenī brīvi peld viegls virzulis (sk. attēlu).

Ūdenim sasilstot, ūdens izplešas un ceļ virzuli uz augšu. Ūdens blīvums $\rho = 1,00 \text{ g/cm}^3$, ūdens siltumietilpība c ir $4200 \text{ J/(kg}^\circ\text{C)}$, ūdens tilpuma termiskās izplešanās koeficients ir $\beta = 0,000180 \text{ 1}^\circ\text{C}$. Ūdens sākotnēja temperatūra ir $T_0 = 5,00^\circ\text{C}$.

1. Sadedzinot $m = 2,00 \text{ kg}$ slapjas malkas, kuras īpatnējais sadegšanas siltums $q = 4,70 \text{ MJ/kg}$, izdalās siltuma daudzums $Q_1 = \boxed{}$ MJ. (1 p)

2. Malkas sadedzināšanas rezultātā iegūtais siltuma daudzums Q_1 caur pamatni daļēji tiek pārnesti uz trauku ar ūdeni. Apzīmējot trauka ar ūdeni saņemto siltuma daudzumu ar Q_2 , attiecība Q_2/Q_1 var būt (0.5 p)

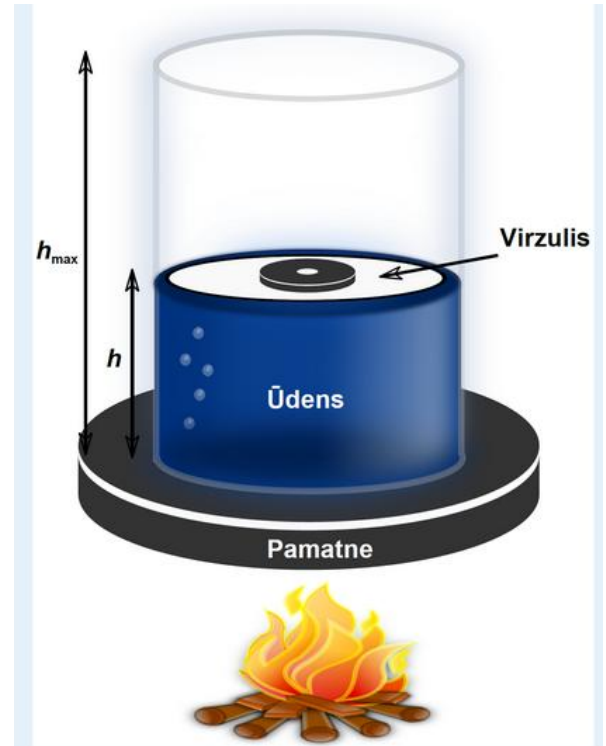
- 0,70
- 1
- 0
- 1,20

3. Izvēloties Q_1 vērtību atbilstoši 1. punktā atrastajai un Q_2/Q_1 attiecību atbilstoši 2. punktā atrastajai, siltuma daudzums Q_2 ir $\boxed{}$ MJ. (0.5 p)

4. Trauka siltumietilpība ir ļoti maza, salīdzinot ar tajā esošā ūdens siltumietilpību. Trauka sasildīšanai patērētais siltuma daudzums ir (0.5 p)

- tuvs nullei
- bezgalīgi liels
- 7,00 MJ
- 6,58 MJ

5. Šajā gadījumā siltuma daudzums Q_3 , kas tiek nodots ūdenim, ir $\boxed{}$ MJ. (0.5 p)



6. Pieņemsim, ka ūdens traukam pievadītais siltuma daudzums $Q_3 = 5,86$ MJ (**šī vērtība nesakrīt ar iepriekš aprēķināto!**). Ja ūdens masa traukā $m_1 = 18,0$ kg, tad ūdens uzsils līdz $T_1 = \boxed{}$ °C. (1 p)

7. Ja ūdens masa traukā $m_1 = 18,0$ kg, tad sākotnēji virzulis atrodas $h_1 = \boxed{}$ mm augstumā. Ūdenim sasilstot līdz $92,0$ °C temperatūrai (**šī vērtība nesakrīt ar iepriekš aprēķināto vērtību!**), virzulis pacelsies par $\Delta h = \boxed{}$ mm. (2 p)

8. Pieņemsim, ka sākotnējais ūdens augstums h_2 ir mazāks nekā h_1 , kas atrasts iepriekšējā jautājumā. Pievadot tikpat lielu siltuma daudzumu un pieņemot, ka ūdens vēl nesāk vārīties, virzulis pacelsies par (1 p)

- tādu pašu Δh vērtību
- lielāku Δh vērtību
- mazāku Δh vērtību
- lielāku vai mazāku Δh vērtību atkarībā no h_2 izvēles

9. Mazākā ūdens līmeņa sākotnējā augstuma h_2 vērtība, pie kuras, pievadot siltuma daudzumu $Q_3 = 5,86$ MJ, ūdens vēl nesāk vārīties, ir $\boxed{}$ mm. Samazinot h_2 vēl vairāk, virzuļa pacelšanās augstuma vērtība Δh būs (2 p)

- mazāka nekā 7. jautājumā atrastā Δh vērtība
- tāda pati kā 7. jautājumā atrastā Δh vērtība
- lielāka nekā 7. jautājumā atrastā Δh vērtība
- lielāka vai mazāka nekā 7. jautājumā atrastā Δh vērtība atkarībā no h_2 izvēles

10. Pieņemsim, ka sākotnējais šķidrums augstums ir $h_3 = 505$ mm (**šī vērtība nesakrīt ar h_1 vērtību, kas atrasta 7. uzdevumā**). Šajā gadījumā, pievadot tādu pašu siltuma daudzumu $Q_3 = 5,86$ MJ, virzulis pacelsies par $\boxed{}$ mm. (1 p)

11 – 2 Akvalangists

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Dažādu gāzu iedarbība uz cilvēka organismu ir atkarīga no šīs gāzes parciālā spiediena ieelpotajā gaisā: jo lielāks tas ir, jo vairāk gāzes caur plaušām nonāk asinīs un ķermeņa audos.

Skābeklis, protams, ir cilvēka fizioloģijai nozīmīgākā ieelpotā gāze: ja skābekļa parciālais spiediens ieelpotajā gaisā ir mazāks nekā 0,1 atm, cilvēks zaudē samaņu. Tajā pašā laikā skābeklis var būt arī toksisks: ja tā parciālais spiediens pārsniedz 2 atm, cilvēkam iestājas nelabums, redzes traucējumi, bezsamaņa.

Arī slāpekļis pie lieliem parciāliem spiedieniem ir kaitīgs: slāpekļa parciālajam spiedienam sasniedzot 4 atm, iestājas t.s. slāpekļa narkoze, kuras simptomi līdzīgi alkohola reibumam. Tādēļ, nirstot ar akvalangu, ārkārtīgi svarīga nozīme ir akvalanga balonā iepildītajam gāzu sastāvam.

Skaitliskiem aprēķiniem šajā uzdevumā pieņemsim, ka ūdens blīvums ir $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, brīvās krišanas paātrinājums $g = 10 \text{ m/s}^2$, atmosfēras spiediens $p_{\text{atm}} = 100 \text{ kPa} = 1 \text{ atm}$. Ņemsim vērā, ka akvalanga konstrukcija nodrošina, ka gaisa, kas nonāk plaušās, spiediens vienmēr vienāds ar apkārtējās vides spiedienu. Ūdens temperatūras izmaiņas atkarībā no ieniršanas dziļuma ir salīdzinoši nelielas un tās neņemsim vērā. Visas gāzes uzskatīsim par ideālām.

1. Gaiss lielākoties sastāv no slāpekļa un skābekļa, bet ļoti nelielos daudzumos tajā atrodams arī argons, oglekļa dioksīds un citas gāzes. Šajā uzdevumā šo citu gāzu ietekmi neņemsim vērā, un uzskatīsim, ka gaiss sastāv tikai no slāpekļa un skābekļa, turklāt normālos apstākļos gaisa sastāvā ir 79 tilpuma procenti slāpekļa un 21 tilpuma procents skābekļa.

Skābekļa parciālais spiediens ieelpotajā gaisā ir atm. Slāpekļa parciālais spiediens ieelpotajā gaisā ir atm. (1 p)

2. Ienirstot ar akvalangu 10 m dziļumā spiediens plaušās būs atm. Ja akvalanga balons ir uzpildīts ar saspiestu gaisu, skābekļa parciālais spiediens akvalangista ieelpotajā gaisā ir atm. Slāpekļa parciālais spiediens ieelpotajā gaisā, savukārt, ir atm. (2 p)

3. Nirstot ar šādu akvalangu, maksimālais pieļaujamais ieniršanas dziļums būs m. (1 p)
Ierobežojošais faktors būs (1 p)

- kritisks slāpekļa parciālais spiediens
- kritisks skābekļa parciālais spiediens
- atkarīgs no gāzu spiediena akvalanga balonā

4. Akvalangists nolēma uzpildīt akvalanga balonu ar tīru skābekli. Ar šādu ekipējumu viņš varēs ienirt m dziļumā. (1 p)

5. Nitrox-tipa gāzu maisījumi niršanai ar akvalangu sastāv no skābekļa un slāpekļa, bet to proporcijas ir atšķirīgas no proporcijām parastajā gaisā. Balons tiek uzpildīts līdz 150 atm lielam spiedienam. (2 p)

Lai ienirtu maksimāli dziļi, skābekļa parciālajam spiedienam uzpildāmā balonā jābūt atm, bet slāpekļa parciālajam spiedienam atm.

Maksimālais pieļaujamais ieniršanas dziļums ar šādu maisījumu būs m, un šādā dziļumā skābekļa parciālais spiediens ieelpotajā gaisā būs atm, un slāpekļa parciālais spiediens ieelpotajā gaisā būs atm.

6. Niršanai ļoti lielos dziļumos slāpekli gāzu maisījumā, ko iepilda akvalanga balonā, aizstāj ar hēliju. Balons tiek uzpildīts līdz 150 atm lielam spiedienam. (2 p)

Lai ienirtu maksimāli dziļi, skābekļa parciālajam spiedienam uzpildāmā balonā jābūt atm, bet hēlija parciālajam spiedienam atm.

0 m dziļumā skābekļa parciālais spiediens ieelpotajā gaisā būs atm, bet hēlija parciālais spiediens atm.

Maksimālais teorētiski pieļaujamais ieniršanas dziļums ar šādu maisījumu būs m, un šādā dziļumā skābekļa parciālais spiediens būs atm, un hēlija parciālais spiediens būs atm.

11 – 3 Balonmašīna

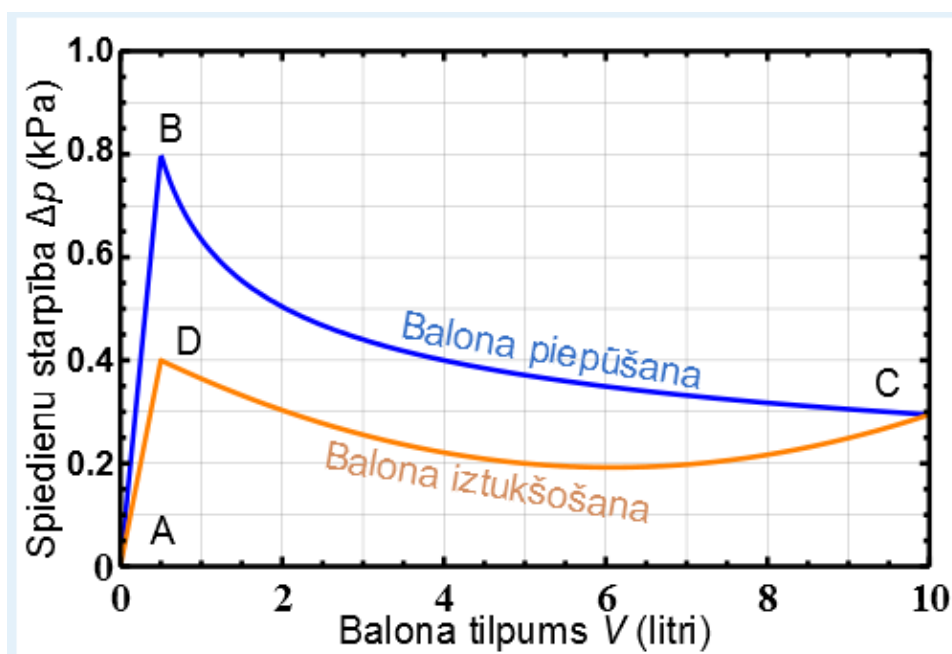
Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

1998. gadā NASA sarīkoja pirmās reaktīvo balonmašīnu (sk. attēlu) sacensības. Uzvarējusī mašīna veica iespaidīgu attālumu: 21,6 metrus. Tādēļ kādas vidusskolas skolēni nolēma izpētīt balonmašīnas efektivitāti, identificēt svarīgākos enerģijas zudumus un saprast, vai līdzīgas konstrukcijas mašīnas var būt efektīvs pārvietošanās līdzeklis.



Aplūkojamā mašīna sastāv no balona, cilindriskas sprauslas (salmiņa), kuras diametrs ir 4 cm, un ritošās daļas. Kopējā mašīnas masa ir 420 g. Visi uzdevumā aprakstītie eksperimenti notiek laboratorijas telpā, kur temperatūra ir $T = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$ un atmosfēras spiediens ir 100 kPa. Atbilstošais gaisa blīvums ir $1,16\text{ kg/m}^3$. Universālā gāzu konstante $R = 8,31\text{ J/(mol K)}$.

1. Pirmajā pētījumā skolēni izpētīja gumijas balona elastīgās īpašības un novērtēja enerģijas zudumus tā plastiskās deformācijas dēļ. Viņi konstruēja mēriekārtu, kas ļāva noteikt gaisa spiedienu balonā gan to ļoti lēnām piepūšot, gan tikpat lēnām ļaujot gaisam no balona izplūst. Tajā pašā laikā balons tika filmēts ar kameru, un, izmantojot attēlu apstrādes programmas, tika noteikts tā tilpums. Iegūtā starpība Δp starp spiedienu balonā un atmosfēras spiedienu kā funkcija no balona tilpuma V ir parādīta grafikā. (1.5 p)



Līkne A-B-C zilā krāsā atbilst balona piepūšanai, līkne C-D-A oranžā krāsā atbilst balona iztukšošanai.

A. Balonā tika iepildīts mol gaisa.

B. Ja A_1 ir darbs, kas tiek paveikts, lai balonu piepūstu, un A_2 ir darbs, ko var paveikt no balona izplūstošais gaiss, tad var secināt, ka

- $A_1 > A_2$
- $A_1 < A_2$
- $A_2 = 0$
- $A_1 = 0$

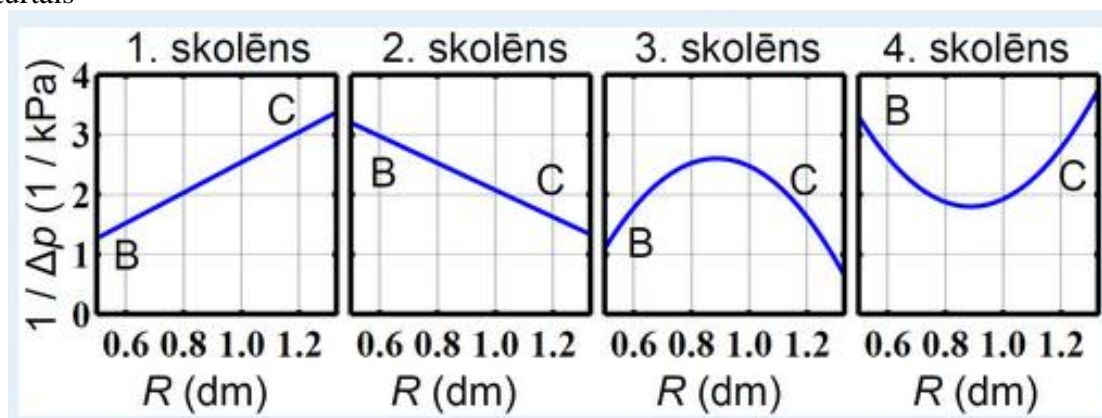
C. Aptuveni novērtējot, var secināt, ka

- 90%
- 10%
- 50%
- 120%

no balona piepūšanai patērētā darba tiek neatgriezeniski zaudēti balona materiāla plastiskās deformācijās.

2. Četri skolēni pārzīmēja augstāk esošā grafika B-C posmu citās koordinātēs: tagad uz horizontālās ass ir balona rādiuss R , bet uz vertikālās - $1/\Delta p$. No viņiem nekļūdījās

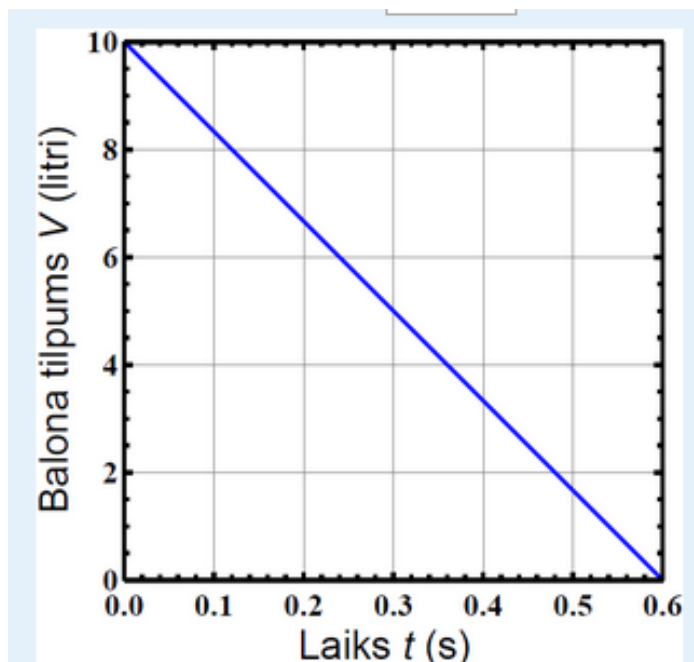
- pirmais
- otrais
- trešais
- ceturtais



Grafiku izpētot, skolēni atklāja, ka piepūšamais gumijas balons lielā mērā uzvedas kā ziepju burbulis, ko veido ziepjūdens plēvīte ar virsmas spraiguma koeficientu σ . Zināms, ka burbuļa liektā virsma rada spiedienu $\Delta p = 2 \sigma / R$. Izmantojot šo analogiju, gumijas balona novērtētā efektīvā σ koeficienta vērtība ir N/m. (1.5 p)

3. Pieņemsim, ka atrastā σ vērtība ir 18 N/m (šī vērtība nesakrīt ar iepriekšējā uzdevumā aprēķināto!) Pēc analogijas ar ziepju burbuli varam novērtēt arī piepūstā balona virsmas uzkrāto enerģiju. Zinot, ka burbuļa ar virsmas laukumu S_b virsmas enerģija ir $E_v = \sigma S_b$, var novērtēt, ka līdz 10 litriem uzpildītā balona virsmas enerģija ir J. (1 p)

4. Nākamajā eksperimentā balonam pievienoja sprauslu (salmiņu, kura diametrs ir 4 cm), un gaisam no balona ļāva izplūst strauji, t.i., tāpat kā īstā balonmašīnas brauciena laikā. Ar ātrdarbīgu kameru un attēlu apstrādi tika iegūta balona tilpuma atkarība no laika (sk. attēlu). No grafika varam nolasīt, ka balona iztukšošanās ātrums $Q =$ litri sekundē. Izplūstošā gaisa ātrums attiecībā pret balonu ir m/s. (1 p)



5. Pieņemsim, ka izplūstošā gaisa ātrums attiecībā pret balonu ir 12 m/s (**šī vērtība nesakrīt ar iepriekšējā uzdevumā aprēķināto!**). Kopējā enerģija, kas, šādi iztukšojoties 10 litru balonam, tiek zaudēta gaisa kustībā, ir J (aprēķiniem var pieņemt, ka gan balonā iekšā, gan ārpus tā gaisa blīvums ir viens un tas pats $1,16 \text{ kg/m}^3$). (1 p)

6. Balonmašīnas brauciena laiks! Piepūsts balons ar sprauslu (salmiņu, kura diametrs ir 4 cm) tiek pievienots balonmašīnas korpusam, mašīna tiek novietota uz gludas virsmas un atbrīvota. Eksperimenti rāda, ka balona iztukšošanās ātrums un laiks ir atkarīgi no tā, cik stipri balons sākotnēji bijis piepūsts. Šoreiz balons tika piepūsts, līdz tā tilpums ir 20 litri, un noteiktais gaisa plūsmas ātrums ar balonu saistītajā atskaites sistēmā bija 12 m/s. Kopējā mašīnas masa ir 420 g. (4 p)

A. Balons iztukšosies sekunžu laikā.

Var parādīt, ja gaisa izplūdes ātrums ar balonu saistītajā atskaites sistēmā ir nemainīgs un mašīnas masas izmaiņas izplūdušā gaisa dēļ ir neievērojamas, tad balonmašīna kustēsies vienmērīgi paātrināti.

B. Spēka, kas darbojas uz mašīnu, modulis šajā gadījumā ir N.

C. Balona iztukšošanās laikā mašīnai kopējais piešķirtais impulss (tā modulis) ar laboratoriju saistītajā atskaites sistēmā ir kgm/s.

Balona iztukšošanās laikā gaisa plūsmai kopējais piešķirtais impulss (tā modulis) ar laboratoriju saistītajā atskaites sistēmā ir

- mazāks kā mašīnai piešķirtais impulss
- tāds pats kā mašīnai piešķirtais impulss
- lielāks kā mašīnai piešķirtais impulss

D. Balona iztukšošanās laikā mašīnai kopējā piešķirtā kinētiskā enerģija ar laboratoriju saistītajā atskaites sistēmā ir J.

Balona iztukšošanās laikā gaisa plūsmai kopējā piešķirtā kinētiskā enerģija ar laboratoriju saistītajā atskaites sistēmā ir J.

Tātad gaisa paātrināšanai nodotā enerģija ir reizes lielāka.