



I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

Projekta numurs: 8.3.2.1/16/I/002

Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu attīstībai

**Fizikas valsts 68. olimpiāde
Otrā posma uzdevumi 11. klasei**

11 – 1 Dzesēšana

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

Uzdevumā apskatīsim pārdzesēšanu – šķidrās vielas temperatūras pazemināšanu zem sasalšanas temperatūras, nenotiekot fāžu pārejai. Lai šo parādību apskatītu, puslitra pudeli ar destilētu ūdeni ievieto saldētavā. Uzdevumā neņemsim vērā pašas pudeles atdzesēšanai nepieciešamo siltuma daudzumu.

Uzdevumā aprēķiniem izmantojamie lielumi:		
Ūdens īpatnējā siltumietilpība $c_{\text{ū}}$	4200	J/(kg·K)
Ūdens īpatnējais kristalizācijas siltums λ	$3,4 \cdot 10^5$	J/kg
Ūdens īpatnējais iztvaikošanas siltums L	$22,6 \cdot 10^5$	J/kg
Ūdens molmasa M	18	g/mol
Ledus īpatnējā siltumietilpība c_1	2200	J/(kg·K)
Atmosfēras spiediens p_{atm}	101,325	kPa
Molārā gāzu konstante R	8,31	J/(mol·K),

1. Puslitra pudeli ar destilētu ūdeni, kura masa $m_{\text{ū}} = 500$ g un temperatūra $T_0 = 20$ °C, ieliek saldētavā, kuras iekšienē temperatūra $T_1 = -15$ °C.

A Pieņemot, ka ūdens tiek pārdzesēts (t.i. ūdens sasniedz T_1 , nenotiekot fāžu pārejai), cik liels siltuma daudzums Q_1 ir jāaizvada no pudeles, lai atdzesētu ūdeni no T_0 līdz T_1 ?

Atbilde: $Q_1 =$ kJ [1 p]

B Cik liels siltuma daudzums Q_2 būtu jāaizvada no pudeles ar ūdeni, ja tomēr ūdens netiktu pārdzesēts un būtu pārvērties par ledu pie 0 °C temperatūras, un tad atdzisis līdz T_1 ?

Atbilde: $Q_2 =$ kJ [1 p]

2. Apskatīsim ciklisku procesu, kas varētu vienkāršoti aprakstīt saldētavas kompresoru (skatīt attēlu). Viens cikls ilgst $t_c = 0,05$ s, darba gāzes vielas daudzums $n = 0,05$ moli. Pieņem, ka darba gāze ir ideāla vienatoma gāze.

A Cik liela ir darba gāzes temperatūra punktos A un C?

Atbilde:

$$T_A = \boxed{} \text{ } ^\circ\text{C} \text{ [0.5 p]}$$

$$T_C = \boxed{} \text{ } ^\circ\text{C} \text{ [0.5 p]}$$

B Cik lielu darbu A_g paveic darba gāze viena cikla laikā?

$$\text{Atbilde: } A_g = \boxed{} \text{ J [1 p]}$$

C Cik daudz siltumenerģijas Q pievada darba gāzei no saldētavas viena cikla laikā ?

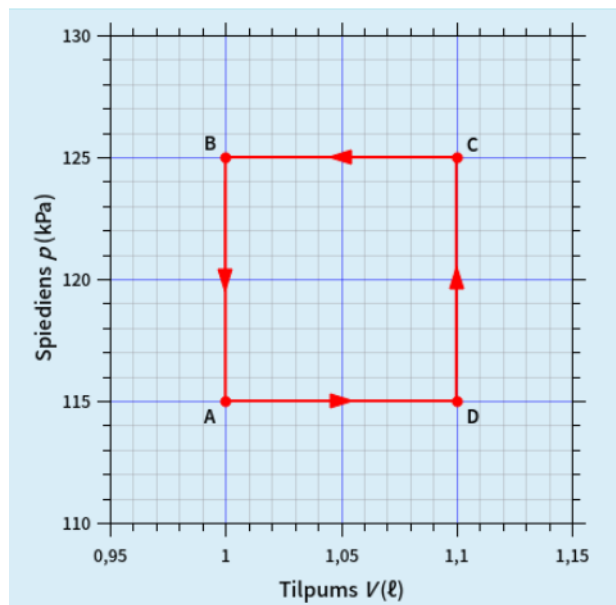
$$\text{Atbilde: } Q = \boxed{} \text{ J [1 p]}$$

D Cik liela ir saldētavas attīstītā lietderīgā jauda P , ja vienā ciklā aizvadītais siltuma daudzums $Q = 40$ J (vērtība atšķiras no iepriekšējā punktā aprēķinātās)?

$$\text{Atbilde: } P = \boxed{} \text{ W [1 p]}$$

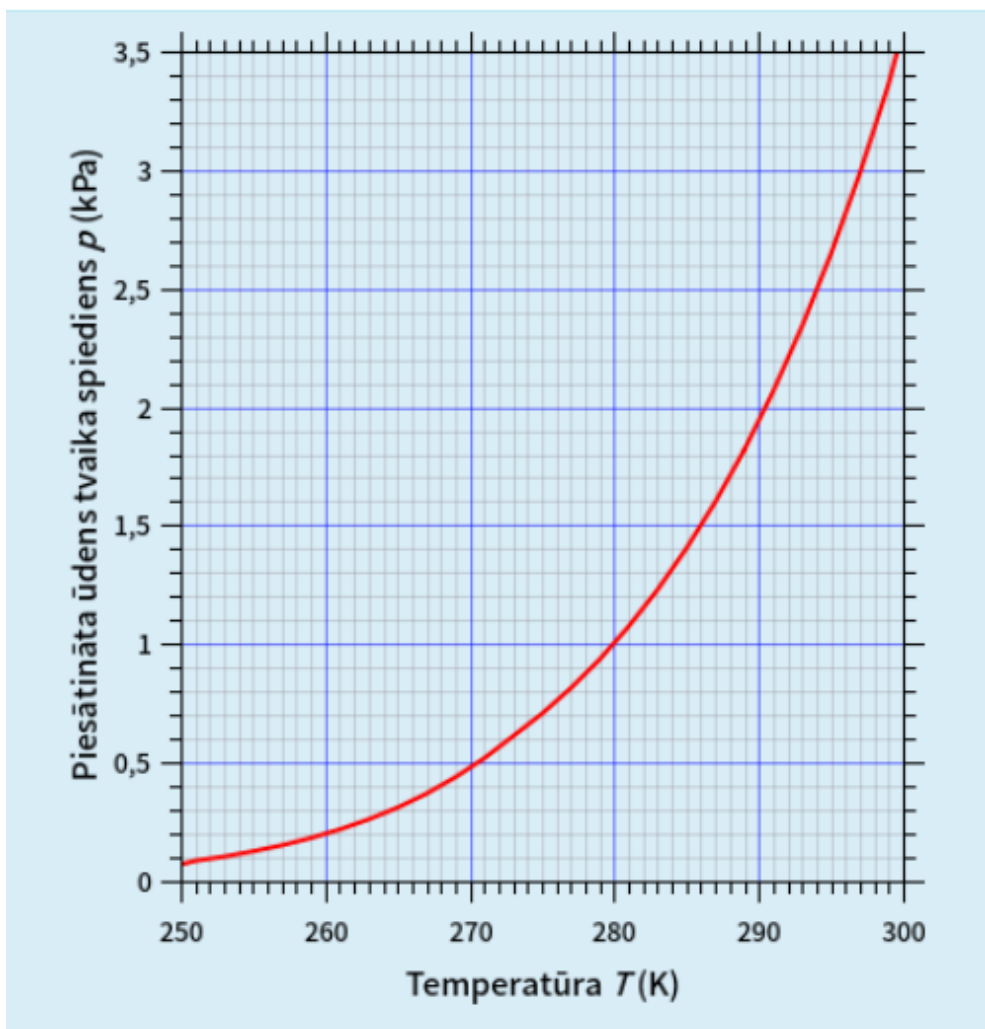
E Cik ilgā laikā t_{dz} kompresors varētu atdzesēt saldētavā esošo gaisu, kura sākotnējā temperatūra $T_0 = 20$ °C un tilpums $V = 100$ l, līdz temperatūrai $T_1 = -15$ °C, ja kompresors darbotos nepārtraukti? Pieņemsim, ka šajā laikā saldētavas siltuma zudumi apkārtējā vidē ir minimāli un gaiss ir ideāla vienatoma gāze. Saldētavas lietderīgā jauda $P = 1$ kW, kas atšķiras no iepriekšējā punktā aprēķinātās. Atbildi ieraksti ar precizitāti līdz desmitdaļai.

$$\text{Atbilde: } t_{dz} = \boxed{} \text{ s [1 p]}$$



3. Pārsprāgusi ūdens pudele neveiksmīga ūdens pārdzesēšanas eksperimenta rezultātā nav vienīgais veids, kā saldētavā var nonākt ledus. Apskatīsim situāciju, kurā saldētava, kas sākotnēji ir istabas temperatūrā $T_0 = 20$ °C un relatīvais gaisa mitrums tajā r ir 60%, tiek ieslēgta un tādējādi atdzesēta līdz temperatūrai $T_1 = -15$ °C. Gaisa tilpums V saldētavā ir 100 l. Uzdevumā ņem vērā saldētavas gaisa apmaiņu ar apkārtējo vidi.

Grafikā dots piesātināta ūdens tvaika parciālspiediens atkarībā no temperatūras.



A Pie cik lielās temperatūras T_k sāksies ūdens kondensācija? [1 p]

Atbilde: $T_k =$ $^{\circ}\text{C}$

B Cik liela ir kondensētā un sasalušā ūdens masa, kad saldētava atdzesēta līdz temperatūrai T_1 ? Pieņem, ka $T_k = 10^{\circ}\text{C}$, kas atšķiras no iepriekš izrēķinātā! Atbildi ieraksti ar precizitāti līdz simtdaļai. [1 p]

Atbilde: $m_{\bar{u}} =$ g

4. Tomēr saldētavas un ledusskapji, pašsaprotami, nav vienīgie veidi, kā veikt atdzesēšanu. Viens no interesantākajiem veidiem, kas piemērots teritorijām karsta un sausa klimata zonās, ir ūdens iztvaikošanas izmantošana.

Iedomāsimies, ka mums ir pilna puslitra ūdens pudelē (500 g ūdens) un lupata. Ar 100 g ūdens, kas ņemts no pudelē, (ņem vērā, ka ūdens masa pudelē $m_{\bar{u}d}$ tagad ir 400g) samitrina lupatu un tajā ietin pudeli un tad to vicina virs galvas, lai nodrošinātu labāku gaisa apmaiņu. Šādos apstākļos ūdens no lupatas salīdzinoši ātri iztvaiko un var atdzesēt pudeli.

Par cik grādiem samazināsies pudelē esošā ūdens temperatūra, ja iztvaikos puse (50g) no lupatā esošā ūdens? Pieņem, ka 10% no iztvaikošanā iegūtās enerģijas tiek patērēta pudelē esošā ūdens dzesēšanai. Papildus var pieņemt, ka ūdens īpatnējais iztvaikošanas siltums nav atkarīgs no temperatūras. [1 p]

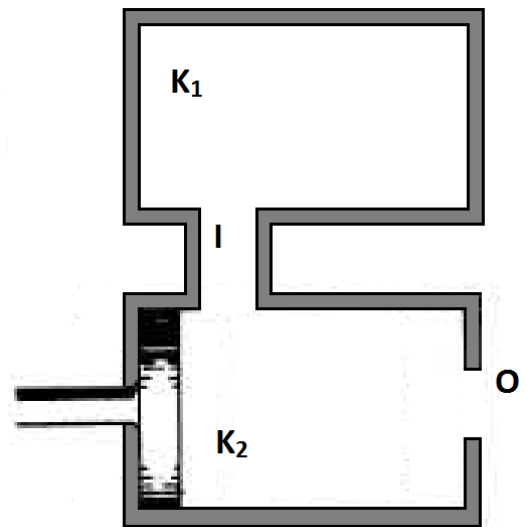
Atbilde: $\Delta T =$ $^{\circ}\text{C}$

11 – 2 "HYPERLOOP" projekts

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

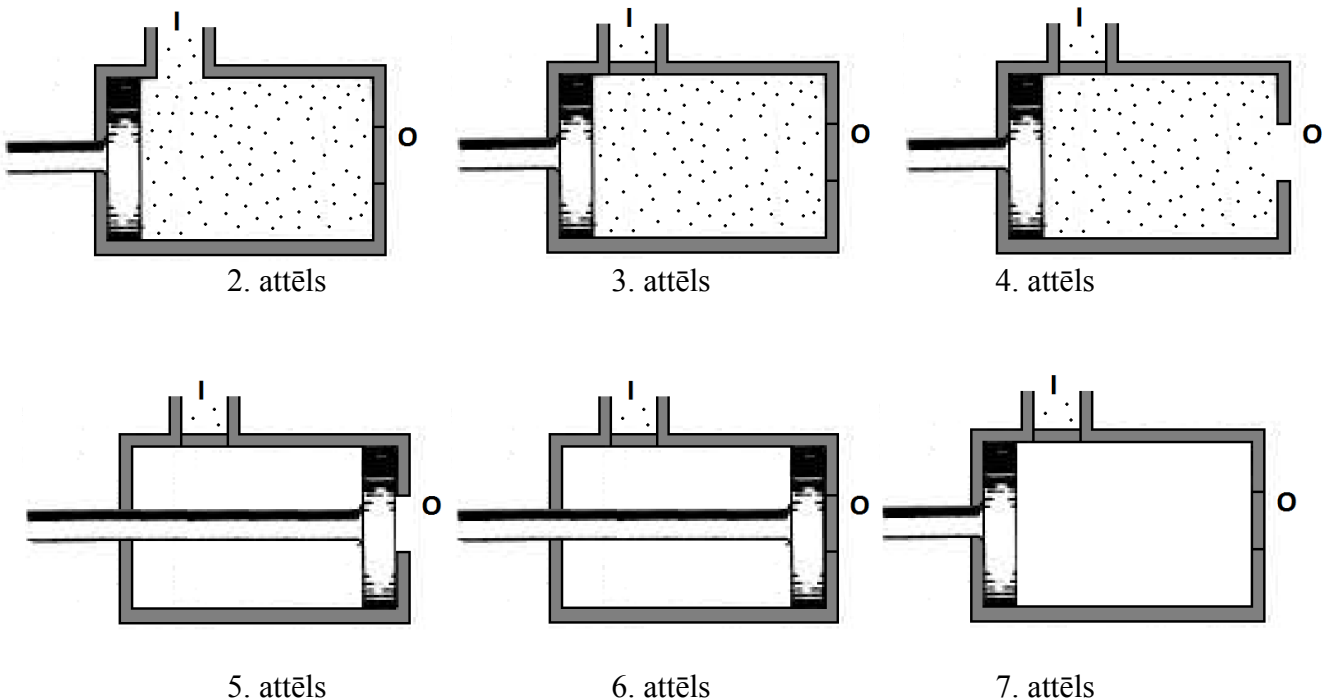
Aktuāls projekts ir Īlona Maska piedāvātais "Hyperloop". Maska piedāvā izveidot vakuuntuneli (metāla cauruļvadu, kura iekšienē tiek uzturēts daļējs vakuums), pa kuru varētu pārvietoties vagoniņi, pārvadājot cilvēkus ar rekordlielu ātrumu.

Vispirms aplūkosim procesu, kā cauruļvadā var izveidot daļēju vakuumu. Viss cauruļvads ir sadalīts vairākos hermētiski noslēgtos nodalījumos. 1. att. redzams vakuumsūkņa modelis, kas darbojas vienā nodalījumā. Kamera K_1 atbilst vienam Hyperloop nodalījumam. Kamera K_2 ir vakuumsūkņa darba kamera. Kameras K_1 un K_2 savieno ievads I. Kameru K_2 ar atmosfēru savieno izvads O.



1. attēls

2. - 7. att. parādīts vakuumsūkņa darba cikls darba kamerā K_2 . Vakuumsūknis sāk darbu, kad virzulis atrodas 2. att. redzamajā pozīcijā. Izvads O ir aizvērts, ievads I ir atvērts, un kamerās K_1 un K_2 gāze ir līdzsvara stāvoklī (temperatūra un spiediens abās kamerās ir vienādi). Tad ievadu I aizver (3. att.), izvadu O atver (4. att.), un virzulis tiek virzīts pa labi, izspiežot gaisu pa izvadu O, līdz nonāk 5. att. redzamajā pozīcijā. Tad izvadu O aizver (6. att.), virzuli atvirza līdz sākumstāvoklim (7. att.), atver ievadu I un atkal ļauj gāzei kamerās K_1 un K_2 nonākt līdzsvara stāvoklī (2. att.). Tad ir noticis viens pilns vakuumsūkņa darba cikls.



Kameras K_1 tilpums $V_1 = 3460 \text{ m}^3$, kameras K_2 tilpums $V_2 = 100 \text{ m}^3$. Uzskatīt, ka temperatūra visa procesa laikā nemainās. Savienojošo cauruļu tilpumu neievērot. Uzskatīt, ka virzulis pārvietojas bez berzes. Molārā gāzu konstante $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$.

1. Cik liels ir gaisa daudzums kamerā K_1 , ja tajā ir spiediens $p = 101,3 \text{ kPa}$ un temperatūra $T = 27 \text{ }^\circ\text{C}$? (Vakuumsūknis vēl nav sācis darboties.)

Atbilde: $n = \boxed{}$ kmol [1 p]

2. Cik liels ir gaisa blīvums kamerā K_1 , pieņemot, ka gaisa daudzums tajā ir $n = 100$ kmol (vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās)? Gaisa molmasa ir $M = 0,029$ kg/mol. (Atbilde jāieraksta ar precizitāti vismaz līdz simtdaļai).

Atbilde: $\rho = \boxed{}$ kg/m³ [1 p]

3. Salīdzināsim gaisu, kas 2. att. ir kamerā K_1 pirms vakuumsūkņa iedarbināšanas ar gaisu, kas tur ir pēc viena pilna vakuumsūkņa cikla veikšanas. Pēc viena vakuumsūkņa cikla kamerā K_1

A gaisa spiediens [0,5 p] ir

- lielāks
- mazāks
- tāds pats
- nav iespējams noteikt

B gaisa daudzums [0,5 p] ir

- lielāks
- mazāks
- tāds pats
- nav iespējams noteikt

C gaisa blīvums [0,5 p] ir

- lielāks
- mazāks
- tāds pats
- nav iespējams noteikt.

4. Apskatīsim pilnu vakuumsūkņa ciklu. Kad mainās gaisa spiediens kamerā K_1 ? [0,5 p]

- pārejā no 2. att. uz 3. att.
- pārejā no 3. att. uz 4. att.
- pārejā no 4. att. uz 5. att.
- pārejā no 5. att. uz 6. att.
- pārejā no 6. att. uz 7. att.
- pārejā no 7. att. uz 2. att.
- gaisa spiediens cikla laikā nemainās

5. Ir noticis viens pilns vakuumsūkņa cikls. Cik liela ir attiecība gaisa spiedienam pēc cikla veikšanas pret gaisa spiedienu pirms cikla sākuma kamerā K_1 ?

Atbilde: $\frac{p_b}{p_s} = \boxed{}$ [1 p]

6. Pieņemsim, ka pēc viena vakuumsūkņa cikla gaisa spiediens kamerā K_1 samazinājās $n = 1,13$ reizes (vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās). Cik reizes samazinājās gaisa spiediens kamerā K_1 pēc 10 vakuumsūkņa cikliem?

Atbilde: $n_b = \boxed{}$ [1 p]

Tagad aplūkosim vagoniņu, kas pārvietojas cauruļvadā ar daļējo vakuumu, kur gaisa blīvums ir $\rho = 0,024$ kg/m³. Uzskatīt, ka tas pārvietojas bez berzes. Ir zināms, ka gaisa pretestības spēku apraksta formula $F =$

$C\rho v^2$, kur ρ ir gaisa blīvums, v ir vagoniņa ātrums, un C ir konstante. Zināms, ka konstantes C skaitliskā vērtība SI mērvienībās ir 0,693.

7. Kāda ir konstantes C mērvienība SI sistēmā? [1 p]

- $\text{kg}\cdot\text{m}$
- $\text{kg}\cdot\text{m}^2$
- m/kg
- m^2/kg
- m^3/s
- m^3/s^2
- m^2/s
- m^2/s^2
- m
- m^2
- m^3
- konstante C ir bezdimensionāla

8. Ar cik lielu spēku F būtu jāstumj vagoniņš, lai tas kustētos vienmērīgi ar ātrumu $v = 200 \text{ m/s}$? Uz vagoniņu darbojas gaisa pretestības spēks.

Atbilde: $F = \boxed{} \text{ N}$ [1 p]

9. Vagoniņu iestūma ar dzinēju. Zināms, ka brīdī, kad vagoniņa ātrums bija $v = 200 \text{ m/s}$, pretī gaisa pretestības spēkam darbojās $F = 960 \text{ N}$ liels dzinējspēks. Cik liela šajā brīdī bija dzinēja attīstītā jauda?

Atbilde: $P = \boxed{} \text{ kW}$ [1 p]

10. Pieņemsim, ka dzinējs attīsta laikā nemainīgu jaudu $P = 100 \text{ kW}$ (vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās), un vagoniņš kustas vienmērīgi. Uz vagoniņu darbojas gaisa pretestības spēks. Cik liels ir vagoniņa ātrums?

Atbilde: $v = \boxed{} \frac{\text{m}}{\text{s}}$ [1 p]

11 – 3 Starptautiskā kosmiskā stacija

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

Starptautiskā kosmiskā stacija (SKS) ir apdzīvots mākslīgais pavadoņs, kas riņķo pa zemu orbītu apkārt Zemei. Pati kosmiskā stacija sastāv no vairākiem moduļiem, saules baterijām un zinātniskā aprīkojuma. Skaidrā naktī stacija ir novērojama ar neapbruņotu aci. Šajā uzdevumā tiks apskatīti dažādi kosmiskās stacijas parametri, kā arī orbītas apstākļi. Turpmākajā uzdevumā pieņemt, ka Zemei ir lodveida forma, tās rādiuss $R_{\text{zeme}} = 6400 \text{ km}$, gravitācijas konstante $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$, Zemes masa $M = 6,0 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

1. Zināms, ka SKS orbīta ir riņķveida un atrodas $h = 400 \text{ km}$ virs Zemes virsmas. Tāpat zināms, ka SKS masa ir $m_{\text{SKS}} = 420 \text{ t}$. Noteikt cik liels Zemes radītais gravitācijas spēks darbojas uz SKS?

Atbilde: $F = \boxed{} \text{ N}$ [1 p]

2. Ar cik lielu orbitālo ātrumu SKS pārvietojas ap Zemi pie tādiem pašiem nosacījumiem – zinot, ka SKS orbīta ir riņķveida un atrodas $h = 400 \text{ km}$ virs Zemes virsmas?

Atbilde: $v = \boxed{} \frac{\text{km}}{\text{s}}$ [1 p]

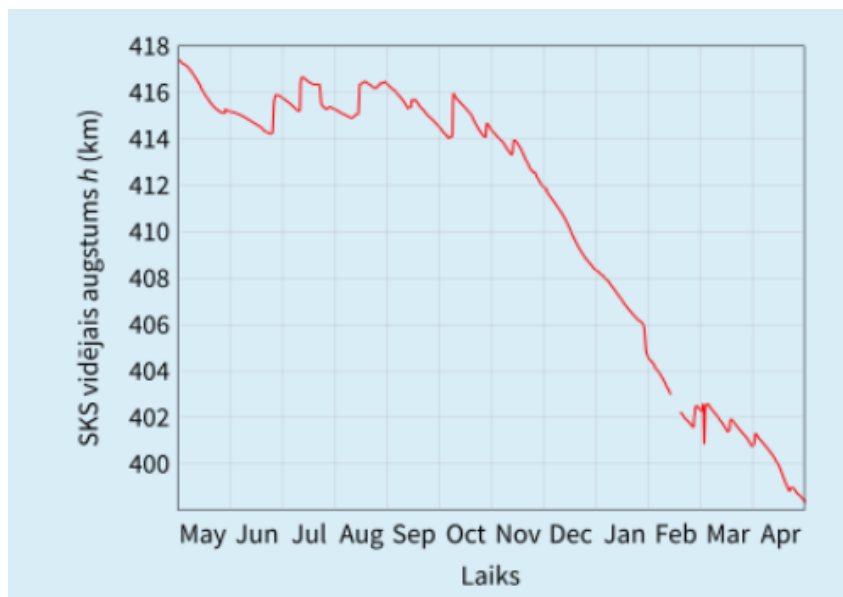
3. Cik reizes diennaktī SKS apriņķo Zemi, kustoties pa orbītu augstumā $h = 400 \text{ km}$ ar ātrumu $v = 7.5 \text{ km/s}$ (šī vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās)?

Atbilde: $k = \boxed{}$ reizes [1 p]

4. Cik ilgu maksimālo laiku naktī novērotājam uz Zemes virsmas (augstums virs jūras līmeņa 0 m) iespējams novērot SKS, ja stacijas orbītas augstums $h = 400 \text{ km}$ un tā leņķiskais ātrums $\omega = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ rad/s}$? Zemes rotāciju neievērosim.

Atbilde: $t = \boxed{} \text{ min}$ [1 punkts]

5. Dotajā grafika attēlota SKS orbītas augstuma maiņa laikā.



Cik strauji vidēji SKS zaudē augstumu decembrī? Augstumu starpības nolasiņumu noapaļot līdz tuvākajai veselai iedaļai kā arī pieņem, ka mēnesī ir 30 dienas. Atbildi norādīt:

A metros sekundē

Atbilde: $v_z = \boxed{} \text{ m/s [0.5 p]}$

B metros pret vienu apriņķojumu, ja zināms, ka apriņķošanas laiks $T = 90 \text{ min}$?

Atbilde: $v_z = \boxed{} \text{ m/apriņķojums [0.5 p]}$

6. Cik liela ir SKS kinētiskās enerģijas attiecība pret tās potenciālo enerģiju? Ņemt vērā, ka priekšmeta ar masu m potenciālā enerģija kāda cita ķermeņa ar masu M radītajā gravitācijas laukā ir $E_{pot} = -\frac{GMm}{r}$, kur r ir attālums starp abu ķermeņu masas centriem.

Atbilde: $\frac{E_k}{E_p} = \boxed{} \text{ [1 p]}$

7. Cik lielu enerģiju apriņķojuma laikā ir zaudējusi SKS, ja zināms, ka SKS masa ir $m = 420 \text{ t}$, tas riņķo pa orbītu $h = 400 \text{ km}$ augstumā un apriņķojuma laikā SKS zaudējusi $\Delta h = 6m$ (atšķiras no iepriekš aprēķinātās vērtības)? Ņemt vērā, ka priekšmeta ar masu m potenciālā enerģija kāda cita ķermeņa ar masu M radītajā gravitācijas laukā ir $E_{pot} = -\frac{GMm}{r}$, kur r ir attālums starp abiem ķermeņiem.

Atbilde: $\Delta E = \boxed{} \text{ MJ [1 p]}$

8. Ar cik lielu atmosfēras berzes spēku vidēji tiek bremsēta SKS, ja tā riņķo pa orbītu augstumā $h = 410 \text{ km}$ un apriņķojuma laikā ir zaudējusi enerģiju $\Delta E = 14 \text{ MJ}$ (šī vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās)? (Atbildi rakstīt ar precizitāti vismaz līdz simtdaļām).

Atbilde: $F = \boxed{} \text{ N [1 p]}$

9. Novērtēt daļiņu koncentrāciju atmosfērā, pieņemot, ka atmosfēras vidējais berzes spēks, kas darbojas uz SKS $F = 0.4 \text{ N}$ (šī vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās vērtības), gaisa vidējā molmasa $M_g = 20 \text{ g/mol}$, kā arī pieņem, ka vidējais molekulu kustības ātrums ir krietni mazāks nekā SKS kustības ātrums. Zināms, ka vidējais SKS frontālais laukums ir $S = 60 \text{ m}^2$, kā arī SKS pārvietošanās ātrums $v = 7.67 \text{ km/s}$ (šī vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās). Avogadro skaitlis $N_A = 6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Atbilde: $n = \boxed{} \text{ m}^{-3} \text{ [1 p]}$

10. Iedomāsimies, ka SKS iekšpusē tiek novietoti trīs vienādas masas uzgriežņi - viens tiek novietots SKS masas centrā, otrs sprīdi tuvāk Zemei no masas centra, bet pēdējais sprīdi no masas centra tālāk no Zemes (skatīt attēlā pa (O)). Kāds būs šo trīs uzgriežņu novietojums pēc ilga laika, ņemot vērā, ka atmosfēra nepārtraukti ar nelielu spēku bremsē SKS? Uzgriežņu izkārtojuma horizontālajā virzienā nav nozīmes.

Atbilde: A/B/C/D/E/F [1 p]

