



Valsts izglītības satura centrs

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Sociālais
fonds

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 70. olimpiāde
Otrā posma uzdevumi 11. klasei****11 – 1 Gaisa burbulis ūdenī***Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.*

Gandrīz katrs ir redzējis kā mazi burbuļi paceļas šķidrumā (piemēram, ogļskābās gāzes burbuļi gāzētos dzērienos), taču interesanti papētīt šos procesus tuvāk. Uzdevumā apskatīsim gāzes burbuļa kustību šķidrumā.

Brīvās krišanas paātrinājums $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, atmosfēras spiediens $p_{\text{atm}} = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, ūdens blīvums $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, universālā gāzu konstante $R = 8.31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$. Virsmas spraiguma spēka radītos efektus neņemam vērā visā turpmākajā uzdevumā.

1. Burbuļa izmērs

A Eksperimentators novēroja ogļskābās gāzes burbuli kādas ūdenstilpnes apakšā. Ūdenstilpnes dziļums $h = 10 \text{ m}$. Cik liels ir gāzes spiediens burbulī? [1 p]

Atbilde: $p =$ kPa

B Ogļskābās gāzes burbuļa diametrs ir $d = 0.5 \text{ cm}$, ūdens temperatūra $t = 12^{\circ}\text{C}$, gāzes spiediens burbulī $p = 150 \text{ kPa}$ (vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās vērtības) un ogļskābās gāzes molmasa $M = 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$. Cik liela ir gāzes masa burbulī? [1 p]

Atbilde: $m =$ ng

C Spiediens ūdenstilpnes apakšā ir $p = 250 \text{ kPa}$ (vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās vērtības). Cik reižu pieaugs gāzes burbuļa diametrs, tam pārvietojoties no ūdenstilpnes apakšas (diametrs d_0) līdz ūdens virsmai (diametrs d_1)? Pieņemsim, ka process ir izotermisks. [1 p]

Atbilde: $\frac{d_1}{d_0} =$ reizes

D Cik liels rezultējošais spēks darbojas uz burbuli, kas atrodas $h = 3 \text{ m}$ dziļas ūdenstilpnes apakšā, ja zināms, ka gāzes burbuļa diametrs $d = 1 \text{ cm}$? Tā kā gāzes blīvums ir daudzas reizes mazāks par šķidruma blīvumu, tad to aprēķinos neņemam vērā. [1 p]

Atbilde: $F =$ mN

Kādā virzienā vērsts šis rezultējošais spēks? [1 p]

Rezultējošais spēks

- darbojas virzienā uz ūdenstilpnes apakšu
- maina virzienu burbuļa kustības gaitā
- pietrūkst dato lielumu, lai noteiktu spēka virzienu
- darbojas virzienā uz ūdenstilpnes augšpusi
- darbojas kādā no virzieniem, kas paralēls ūdenstilpnes pamatnei
- ir nulle, tam nav virziena

E Ūdenstilpnē noteiktā dziļumā saskārās divi nelieli vienādi burbuļi un saplūda vienā lielākā burbulī. Kā mainījās lielā burbuļa spiediens attiecībā pret sākotnējo spiedienu burbuļos? **[0.5 p]**

Spiediens

- palielinājās
- samazinājās
- nemainījās

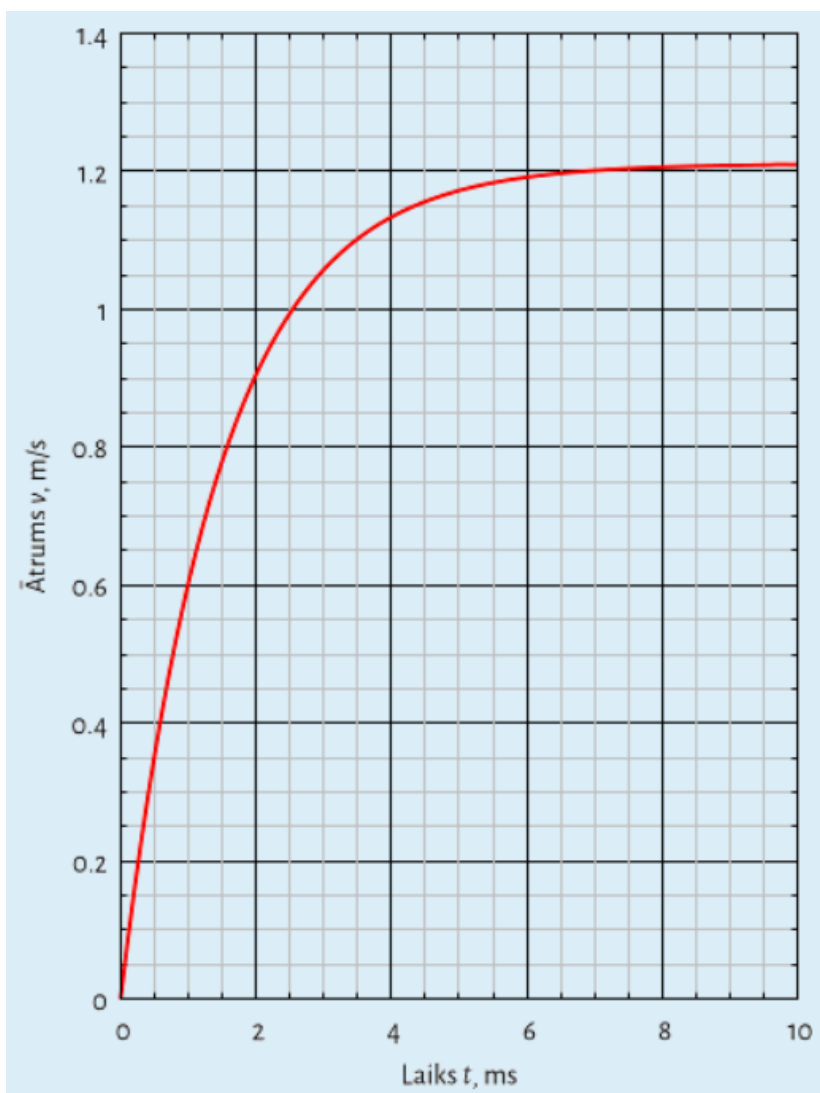
Kā mainījās gāzes temperatūra salīdzinot to pirms un uzreiz pēc burbuļu saplūšanas? **[0.5 p]**

Temperatūra

- palielinājās
- samazinājās
- nemainījās

2. Burbuļa ātrums

Eksperimentāli tika izmērīta gāzes burbuļa kustības ātruma atkarība no laika pašā kustības sākumā (skat. dato grafiku).



A Cik lielu maksimālo ātrumu sasniedz burbulis kustības sākumā? [1 p]

Atbilde: $v_{\max} =$ m/s

B Cik lielu attālumu bija veicis burbulis līdz sasniedza 95% no maksimālā ātruma? [1 p]

Atbilde: $z =$ mm

C Cik lielu maksimālo paātrinājumu sasniedz gāzes burbulis apskatītajā kustībā? [1 p]

Atbilde: $a =$ m/s²

D Gāzes burbulim, pārvietojoties ūdenī, uz to darbojas pretestības spēks, tāpēc burbuļa ātrums tiecas uz galīgu vērtību (kā tas redzams dotajā grafikā) un burbulis nepaātrinās bezgalīgi. Pretestības spēks ir atkarīgs no šķidrums iekšējo berzi raksturojoša lieluma μ ($[\mu] = \frac{\text{kg}}{\text{ms}}$), burbuļa rādiusa R un kustības ātruma v . Sakarība, kas saista minētos lielumus $F_{pr} = C\mu R^\alpha v^\beta$, kur C - konstante bez mērvienības, bet α un β - pakāpes rādītāji. Nosaki α un β skaitliskās vērtības. [1 p]

Atbilde: $\alpha =$; $\beta =$

11 – 2 Iztvaikošana

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

1963. gadā skolnieks no Tanzānijas Mpemba kulinārijas stundā gatavoja saldējumu, karsējot pienu kopā ar cukuru. Sekojot norādēm, viņam vajadzēja nogaidīt, kamēr karstā piena masa atdzisis, pirms ievietot to saldētavā, taču steigā Mpemba to neizdarīja un ievietoja saldētavā karsto pienu. Viņam par pārsteigumu, karstais piens sasala ātrāk nekā viņa klasesbiedru sagatavotā piena masa, kas, pirms ievietošanas ledusskapī, bija iepriekš atdzesēta.

Šī Tanzānijas skolēna atklātā parādība, ka karstais šķidrums var sasalt ātrāk nekā vēsāks šķidrums, vēlāk tika daudzārt apspriesta zinātniskajā literatūrā. Efekts rodas daudzu faktoru mijiedarbībā, un ir lielā mērā atkarīgs no eksperimenta detaļām (izmantotie trauki, ledusskapis, šķidruma ķīmiskais sastāvs, parādības uz šķidruma virsmas un uz saskares virsmas starp šķidruma trauku un saldētavu, utt.). Šajā uzdevumā aplūkosim tikai vienu no parādībām, kas var dot ieguldījumu Mpembas efekta izskaidrošanā: šķidruma iztvaikošanu, kas jāņem vērā, ja šo efektu pēta vaļējos traukos.

Ūdens īpatnējā siltumietilpība $c = 4200 \text{ J/kg K}$, tā īpatnējais iztvaikošanas siltums $-L = 2260 \text{ kJ/kg}$ (šo abu lielumu atkarības no temperatūras neņem vērā), atmosfēras spiediens $p_{\text{atm}} = 101 \text{ kPa}$.

1.

A Novērtēsim, cik nozīmīga ir iztvaikošana. Atvērtu trauku ar karstu ūdeni ievieto ledusskapī. Ja iztvaikošana ir vienīgais process, kas nodrošina atdzišanu, tad laikā, kamēr ūdens atdziest par vienu grādu, iztvaikos % no sākotnējās ūdens masas. [1 p]

B Divi atvērti ūdens trauki ar vienādu sākotnējo ūdens masu un sākotnējo temperatūru attiecīgi T_1 un T_2 tiek ievietoti saldētavā, turklāt $T_1 > T_2$. Ūdenim abos traukos atdziestot iztvaikošanas dēļ (citus atdzišanas procesus neievērot), no sākotnējās temperatūras līdz 0°C iztvaikošanā zaudētā ūdens masa būs lielāka [1 p]

- traukā ar temperatūru T_1
- traukā ar temperatūru T_2
- atkarīgs no konkrētām T_1 un T_2 vērtībām

C Novērtējiet maksimālo iespējamo zaudēto ūdens masu, ūdenim ar sākotnējo temperatūru m šādi atdziestot (normālos apstākļos) no sākotnējās temperatūras līdz 0°C . Iztvaikojušā ūdens masu uzskatīt par mazu salīdzinājumā ar kopējo ūdens masu. [1 p]

Atbilde: $\frac{\Delta m}{m} = \text{input} \%$

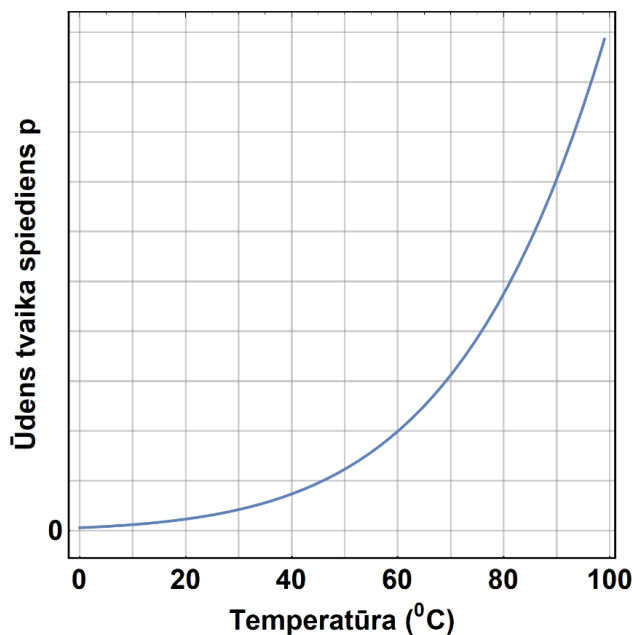
2. Apstākļos, kad apkārtējā gaisa mitrums ir mazs (kā tas parasti ir ledusskapja saldētavā), ūdens iztvaikošanas ātrums ir atkarīgs no ūdens piesātinātā tvaika spiediena virs ūdens virsmas p : ūdens masas izmaiņa laika vienībā Δm ir proporcionāla $-p$:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = -\beta p$$

kur β ir proporcionalitātes koeficients, kas atkarīgs no ūdens brīvās virsmas laukuma un citiem parametriem, un kas izteikts $[\text{kg/s/Pa}]$ vienībās.

Ja ūdens masa ir 1 kg un ūdens temperatūra ir 100°C , tad vienā sekundē tiks zaudēti $\cdot \beta \text{ kg}$ ūdens, un ūdens temperatūra iztvaikošanas dēļ pazemināsies par $\cdot \beta^\circ \text{C}$. [2 p]

3. Ūdens piesātinātā tvaika spiediens ir ievērojami atkarīgs no temperatūras. Šīs atkarības grafiks ir dots zemāk.



Divi atvērti ūdens trauki ar sākotnējo temperatūru attiecīgi $T_1 = 60^{\circ}\text{C}$ un $T_2 = 100^{\circ}\text{C}$ un vienādu sākotnējo ūdens masu tiek ievietoti saldētavā.

A Mirkļi uzreiz pēc trauku ievietošanas saldētavā, straujāk atdzīsīs trauks ar temperatūru

- T_1
- T_2

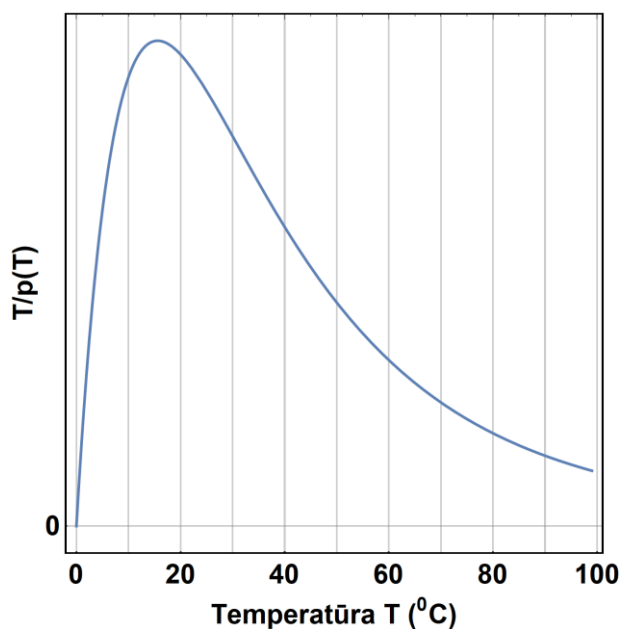
turklāt šī trauka atdzišana notiks reižu straujāk nekā otrā traukā. [1 p]

B Brīdī, kad ūdens temperatūra abos traukos tuvojas 0°C (šī brīža iestāšanās laiks var būt atšķirīgs katrā no traukiem), straujāk atdzīsīs trauks ar temperatūru

- T_1
- T_2

turklāt šī trauka atdzišana notiks reižu straujāk nekā otrā traukā. [1 p]

4. Ūdens piesātinātā tvaika spiediena grafiks atkarībā no temperatūras pārzīmēts citās asīs – parādot lieluma $\frac{T}{p(T)}$ atkarību no temperatūras T , kas izteikta Celsija grādos. Nulles punkts uz vertikālās ass atbilst 0°C temperatūrai.



Pieņemot, ka ūdens atdzišanas vidējais ātrums visā atdzišanas laikā ir proporcionāls tā maksimālajam atdzišanas ātrumam, no šī grafika varam secināt, ka

A ... ūdens trauks ar sākotnējo temperatūru 10°C atdzisīs līdz 0°C

- ātrāk
- vēlāk
- nevar noteikt

salīdzinājumā ar ūdens trauku, kura sākotnējā temperatūra 5°C **[0.5 p]**

B ... ūdens trauks ar sākotnējo temperatūru 100°C atdzisīs līdz 0°C

- ātrāk
- vēlāk
- nevar noteikt

salīdzinājumā ar ūdens trauku, kura sākotnējā temperatūra 95°C **[0.5 p]**

5. Skolēns vēlas atkārtot Mpembas eksperimentu. Viņam ir pieejami dažādas formas cilindriski trauki. Ja iztvaikošanu uzskata par galveno faktoru šajā efektā, kāds trauks būtu eksperimentam visatbilstošākais?

[1 p]

- Plats cilindrisks trauks
- Šaurs cilindrisks trauks
- Trauka formai nav nozīmes

6. Tiek uzskatīts, ka Mpembas efektu novēroja jau stipri senāk gan Aristotelis, gan Fransis Bēkons, gan Renē Dekarts, bet vēlāk tas tika aizmirsts. Senatnes filozofi novēroja šo efektu, aplūkojot spaiņos ielietā ūdens sasalšanu salā. Viena no hipotēzēm, kas izskaidro, kādēļ senatnē šo efektu ikdienā varēja novērot biežāk, ir saistīta ar izmaiņām trauku materiālos: ja agrāk ūdens glabāšanai izmantoja koka traukus, tad modernajos laikos līdz pat nesenajam brīdim vairāk izmantoja metāla traukus.

Koka spainī Mpembas efektu varētu novērot vieglāk nekā metāla spainī, jo **[1 p]**

- Koka spainis labāk vada siltumu un tādēļ iztvaikošanas mehānisma nozīme ūdens atdzišanā ir relatīvi lielāka
- Koka spainis sliktāk vada siltumu un tādēļ iztvaikošanas mehānisma nozīme ūdens atdzišanā ir relatīvi lielāka
- Koka spainis labāk vada siltumu un tādēļ iztvaikošanas mehānisma nozīme ūdens atdzišanā ir relatīvi mazāka
- Koka spainis sliktāk vada siltumu un tādēļ iztvaikošanas mehānisma nozīme ūdens atdzišanā ir relatīvi mazāka
- Koka spainim ir lielāka siltumietilpība, tāpēc iztvaikošana notiek intensīvāk
- Koka spainim ir lielāka siltumietilpība, tāpēc iztvaikošana notiek mazāk intensīvi
- Koka spainim ir mazāka siltumietilpība, tāpēc iztvaikošana notiek intensīvāk
- Koka spainim ir mazāka siltumietilpība, tāpēc iztvaikošana notiek mazāk intensīvi

11 – 3 Satelīti

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

Gravitācijas konstante $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$

1. Kas ir otrais kosmiskais ātrums? [0.5 p]

- minimālais ātrums, kas nepieciešams ķermenim, lai tas izietu no planētas gravitācijas ietekmes
- minimālais ātrums, kas nepieciešams ķermenim, lai tas kļūtu par planētas pavadoņi un riņķotu ap to inerces dēļ
- minimālais ātrums, kas nepieciešams ķermenim, lai tas izietu no Galaktikas gravitācijas ietekmes
- minimālais ātrums, kas nepieciešams ķermenim, lai tas izietu no Saules gravitācijas ietekmes

2. Merkurs ir Saulei tuvākā planēta. Merkura rādiuss $R_M = 2440 \text{ km}$, Merkura masa $M_M = 3.3 \cdot 10^{23} \text{ kg}$.

A Cik liels ir brīvās krišanas paātrinājums Merkura virsmas tuvumā? [1 p]

Atbilde: $g_M = \boxed{} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

B Cik liels ir brīvās krišanas paātrinājums 1000 km augstumā virs Merkura virsmas meteoroidam, kas krīt perpendikulāri Merkura virsmai? [0.5 p]

Atbilde: $g_h = \boxed{} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

C Cik liels ātrums Merkura virsmas tuvumā būtu jāsasniedz mākslīgajam pavadoņim, lai tas varētu pārvietoties pa orbītu ap Merkuru? [1 p]

Atbilde: $v_I = \boxed{} \frac{\text{m}}{\text{s}}$

3. Mēness rādiuss ir $R_M = 1740 \text{ km}$, brīvās krišanas paātrinājums Mēness virsmas tuvumā $g = 1.62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Cik liels ātrums Mēness virsmas tuvumā būtu jāsasniedz raķetei, lai tā varētu pārvietoties pa orbītu ap Mēnesi? [1 p]

Atbilde: $v_M = \boxed{} \frac{\text{km}}{\text{s}}$

4. Starptautiskā kosmiskā stacija riņķveida orbītā ap Zemi augstumā h veic 16 apriņķojumus diennaktī. Zemes masa $M_Z = 6.0 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, Zemes rādiuss $R_Z = 6.4 \cdot 10^6 \text{ m}$.

A Cik liels ir Starptautiskās kosmiskās stacijas apriņķošanas periods? [0.5 p]

Atbilde: $T = \boxed{} \text{ s}$

B Cik liels ir Starptautiskās kosmiskās stacijas lineārais ātrums kustībā pa riņķveida orbītu? [1 p]

Atbilde: $v = \boxed{} \frac{\text{km}}{\text{s}}$

C Pieņemsim, ka Starptautiskās kosmiskās stacijas kustības lineārais ātrums kustībā pa riņķveida orbītu ir $v = 7.2 \text{ km/s}$ (vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās līdz ar to arī apriņķošanas perioda vērtība var atšķirties no 4A rezultāta). Cik lielā augstumā virs Zemes riņķo stacija? [1 p]

Atbilde: $h = \boxed{} \text{ km}$

5. Mākslīgais Zemes pavadonis riņķveida orbītā ap Zemi augstumā $h_0 = 1660$ km (vērtība atšķiras no iepriekš aprēķinātās) veic 12 apriņņojumus diennaktī. Zemes masa $M_Z = 6.0 \cdot 10^{24}$ kg, Zemes rādiuss $R_Z = 6.4 \cdot 10^6$ m. Noteiktu iemeslu dēļ vadības centrs pieņēma lēmumu pārvest pavadoni uz citu riņķveida orbītu, kurā pavadonis veic 15 apriņņojumus diennaktī.

A Cik lielā augstumā virs Zemes atrodas pavadoņa jaunā orbīta? [1 p]

Atbilde: $h_1 =$ km

B Cik liels ir pavadoņa lineārais ātrums kustībā pa jauno riņķveida orbītu? [0.5 p]

Atbilde: $v_1 =$ $\frac{\text{km}}{\text{s}}$

C Vai pēc nepieciešamā ātruma sasniegšanas pavadonis var pārvietoties pa riņķveida orbītu ar frekvenci 25 apgriezieni diennaktī? [1 p]

- jā, neieslēdzot dzinēju
- teorētiski var, bet tikai ar nepārtraukti ieslēgtu dzinēju, kurš paātrina pavadoni ātruma virzienā
- teorētiski var, bet tikai ar nepārtraukti ieslēgtu dzinēju, kurš paātrina pavadoni pretēji ātruma virzienam
- teorētiski var, bet tikai ar nepārtraukti ieslēgtu dzinēju, kurš paātrina pavadoni Zemes centra virzienā
- teorētiski var, bet tikai ar nepārtraukti ieslēgtu dzinēju, kurš paātrina pavadoni virzienā, kas vērsts prom no Zemes centra

D Pieņemsim, ka pavadonis 1000 km augstumā virs Zemes virsmas apriņķo Zemi pa riņķveida orbītu 25 reizes diennaktī. Cik liels mākslīgais brīvās krišanas paātrinājums ir jūtams pavadoņa iekšpusē? [1 p]

Atbilde: $a =$ $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$