Projekta numurs: 8.3.2.1/16/I/002

Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu attīstībai

Fizikas valsts 67. olimpiāde
Otrā posma uzdevumi 11. klasei

11 – 1 Popkorns

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

Šajā uzdevumā aplūkosim dažus procesus, kas ir būtiski, gatavojot popkornu. Kā zināms, viena no populārām popkorna pagatavošanas metodēm ir kukurūzas graudu vārīšana eļļā. Kāpēc vārīšana noved pie tik efektīga rezultāta šajā gadījumā un kāpēc līdzīga parādība nav novērojama citiem pārtikas produktiem (citiem graudaugiem, pākšaugiem, sēklām)? Būtisku lomu šajā gadījumā nospēlē kukurūzas grauda īpašais apvalks, kuram ir divas svarīgas īpašības: tas ir ļoti izturīgs (spēj izturēt līdz 10 atm lielu spiedienu) un tas praktiski nelaiž cauri mitrumu.

Tāpat kā praktiski visi augļi un sēklas, arī kukurūzas graudi satur lielu daudzumu ūdens. Kukurūzas graudu karsējot, daļa ūdens pārvēršas tvaikā. Bet kukurūzas grauda apvalka īpašību dēļ tvaikam nav iespējams ātri no kukurūzas grauda izkļūt, un, iztvaikojot arvien lielākam un lielākam ūdens daudzumam, tvaika spiediens kukurūzas grauda iekšpusē turpinās celties, līdz sasniegs augstāk minēto grauda apvalka izturības robežu, un grauds pārsprāgs.

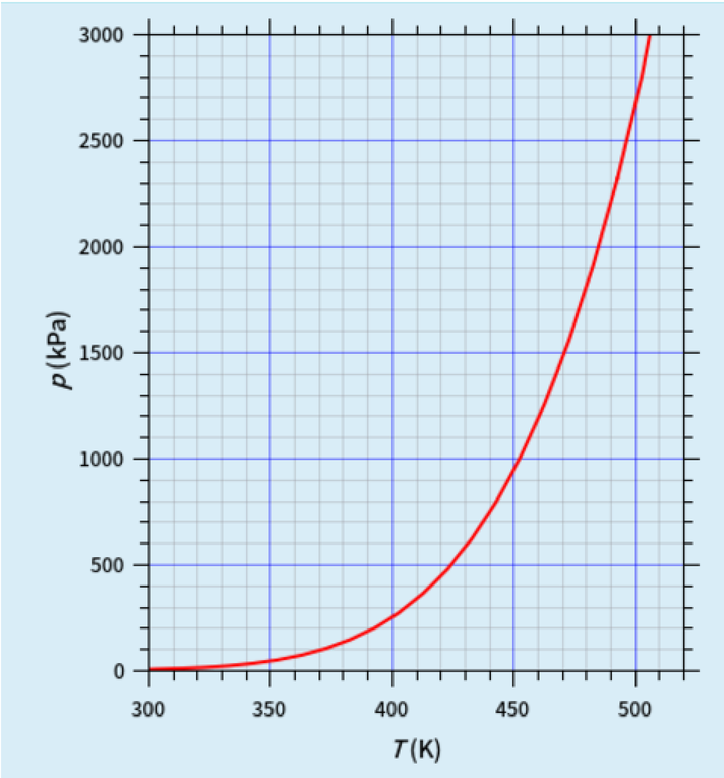
1 atm = 1.01×10^5 Pa

1. Sākumā novērtēsim, cik tad daudz ūdens ir atrodams kukurūzas graudā. Popkornu kārojošs skolnieks nosvēra, ka 200 kukurūzas graudi sver 21,0 g. Skolnieks ieber šos graudus nelielā katliņā, pielej nelielu daudzumu eļļas un vēlreiz nosver. Kopējā masa ir 105,6 g. Pēc tam viņš katliņu uzkarsē, līdz visi popkorna graudiņi ir pārsprāguši. Katliņš tiek atdzesēts līdz istabas temperatūrai un vēlreiz nosvērts. Kopējā masa tagad ir 103,6 g. Pieņemot, ka popkorna pagatavošanas laikā praktiski viss ūdens no kukurūzas graudiem ir iztvaikojis, bet eļļas iztvaikošanu var neievērot, vienā kukurūzas graudā esošā ūdens masa ir ☐ g **[1 p]**, un sākotnēji ūdens veido ☐ % **[1 p]** no grauda masas.

2. Tvaika spiediens graudā atkarīgs, protams, no tvaikam pieejamā tilpuma. Aptuveni novērtēsim šo lielumu, pieņemot, ka tas vienāds ar visa kukurūzas grauda tilpumu. 200 kukurūzas graudi tika iebērti mērcilindrā, kas piepildīts ar ūdeni līdz 50 mℓ atzīmei. Graudi nogrima. Tā rezultātā mērcilindra ūdens līmenis pacēlās līdz 65 mℓ atzīmei. Viena kukurūzas grauda tilpums (un tādējādi arī tvaikam pieejamais tilpums) ir ☐ mℓ **[1 p]**.

3. Pieņemot, ka kukurūzas grauds pārsprāgst, kad tvaika spiediens tā iekšpusē sasniedz 10 atm, minimālā temperatūra, līdz kādai jāuzkarsē kukurūza, lai pagatavotu popkornu, ir ☐ °C **[1 p].**

Aprēķiniem izmantojiet klāt pievienot grafiku, kur attēlota piesātinātā ūdens tvaika parciālspiediena atkarība no temperatūras.



4. Varam secināt, ka, izmantojot parastos (t. i, ne augstspiediena) katlus, popkornu var pagatavot šādos šķidrumos: **[1 p]**

Atbilde:
Izvēlieties vienu vai vairākas:

- ☐ eļļā (vārīšanās temperatūra normālos apstākļos ir 300 °C)
- ☐ spirtā (vārīšanās temperatūra 78 °C)
- ☐ glicerīnā (vārīšanās temperatūra 290 °C)
- ☐ ūdenī

5. Pieņemsim, ka popkorna graudi sāk sprāgt pie tvaika spiediena 10 atm, tvaika temperatūras 175 °C un ka tvaikam pieejamais tilpums ir 0,075 mℓ (šīs vērtības var atšķirties no šī uzdevuma 2. un 3. punktā iegūtajām). Pieņemot, ka tvaiks ir piesātināts un ka tam var pielietot ideālās gāzes likumsakarības, tvaika masa vienā uzkarsētā kukurūzas graudā ir ☐ g **[1 p]**. Varam secināt, ka līdz 175 °C temperatūrai sakarsētajā kukuruzas graudā lielākā ūdens masas daļa ir
Atbilde: [1 p]

- šķidrā
- gāzveida
- cietā

agregātstāvoklī.

6. Brīdī, kad kukurūzas grauda apvalks plīst, notiek šādi procesi:

Atbilde: [1 p]
Izvēlieties vienu vai vairākas:

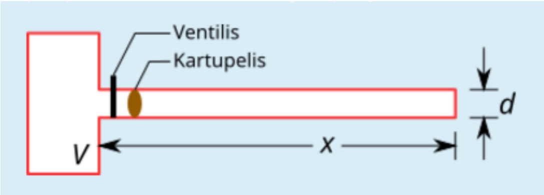
- ☐ atlikušais ūdens strauji iztvaiko
- ☐ grauda temperatūra strauji palielinās
- ☐ tvaiks strauji saraujas
- ☐ grauda temperatūra strauji samazinās
- ☐ viss graudā esošais tvaiks strauji kondensējas
- ☐ tvaiks strauji izplešas

7. Līdz tik augstai temperatūrai sakarsētajā kukurūzas graudā, ūdens kopā ar tvaiku un grauda „miesu“ veidojošo cieti veido mīkstu, želejveidīgu vielu, kas, graudam plīstot, sacietē kā putas, veidojot tik pazīstamo balto popkorna pārslu. Pieņemot, ka putas notur visu izdalījušos tvaiku un sacietē pēc spiediena līdzsvara iestāšanās, no viena kukurūzas grauda atbrīvojušos putu tilpums būs ☐ mℓ **[1 p]**. Pieņemt, ka pēc grauda plīšanas ūdens tvaiks joprojām ir piesātināts un tā spiediens vienāds ar atmosfēras spiedienu. Pēc sacietēšanas popkorna grauda tilpums tādējādi ir ☐ **[1 p]** reižu lielāks nekā sākotnējā kukurūzas grauda tilpums.

Risinot šo punktu, pieņemt, ka kopējā sākotnējā ūdens masa vienā graudā ir 0,01 g, bet grauda tilpums ir 0,075 mℓ (šīs vērtības var atšķities no šī uzdevuma 1. un 2. punktos iegūtajām).

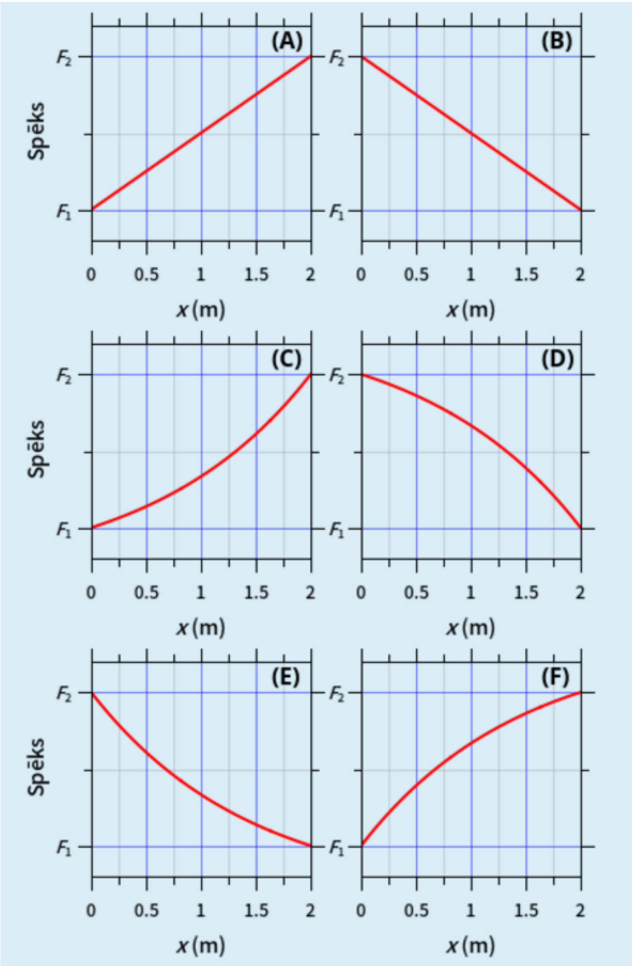
11 – 2 Kartupeļu lielgabals

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



Šajā uzdevumā aplūkosim kartupeļu lielgabalu, ko darbina saspiests gaiss. Kartupeļu lielgabals ir novietots horizontāli. Šis kartupeļu lielgabals sastāv no caurules, kuras diametrs ir d = 3 cm, garums x = 2 m, saspiestā gaisa tvertnes ar tilpumu V = 5 ℓ un spiedienu p = 400 kPa, savukārt caurulē un gaisā ir atmosfēras spiediens p_0 = 100 kPa. Kartupeļa masa ir m = 100 g, un tā izmērus var neņemt vērā. Pieņemsim, ka kartupelis pilnīgi noslēdz cauruli un tam apkārt gaiss neplūst, un ka temperatūra ir nemainīga.

Berzi var neņemt vērā uzdevuma pirmajos četros jautājumos. Jautājumos, kur jāizvēlas atbilde, tikai viena atbilde ir pareiza. Tālākajā uzdevumā apskatīsim, kas notiek, kad ventilis tiek atvērts.



1. Cik liels rezultējošais spēks F_1 darbojas uz kartupeli, kad tas atrodas caurules sākumā?

Atbilde: F_1 = ☐ N **[1 p]**

2. Cik liels rezultējošais spēks F_2 darbojas uz kartupeli, kad tas atrodas caurules beigās?

Atbilde: F_2 = ☐ N **[1 p]**

3. Kurš grafiks vislabāk apraksta spēka, kas darbojas uz kartupeli atkarību no attāluma caurulē?

Atbilde: [1 p]

- A
- B
- C
- D
- E
- F

4. Aprēķini kartupeļa ātrumu, kad tas pamet cauruli. Pieņemsim, ka gaiss spiež uz kartupeli ar nemainīgu spēku F = 250 N visā caurules garumā.

Atbilde: v = ☐ m/s **[1 p]**

5. Ja faktiskais kartupeļa ātrums, pametot cauruli, bija v = 60 m/s. Aprēķini berzes spēka vidējo vērtību caurulē. Pieņemsim, ka gaiss spiež uz kartupeli ar nemainīgu spēku F = 250 N visā caurules garumā.

Atbilde: F_b = ☐ N **[1 p]**

6. Kā atšķirtos kartupeļa ātrums pametot cauruli, ja gaiss varētu plūst ap kartupeli?

Atbilde: [1 p]

- Tas būtu mazāks, jo palielinātos gaisa spiediens atmosfērā.
- Tas būtu tāds pats.
- Tas būtu lielāks, jo gaisa impulss jāpieskaita kartupeļa impulsam.
- Tas būtu lielāks, jo spiediens iedarbotos uz lielāku laukumu.
- Tas būtu mazāks, jo straujāk samazinātos spiediens, kas paātrina kartupeli.

7. Šeit un tālāk aplūkosim, kas notiek, ja tiek atvērts ventilis, kad caurules gals ir noslēgts. Pieņemsim, ka berze nav vērā ņemama, un gaiss ap kartupeli plūst nevar.

Vai kartupelis var nonākt līdz caurules pašam galam?

Atbilde: [1 p]

- Nē, jo spiediens caurulē starp kartupeli un noslēgto galu nemainās.
- Jā, ja tvertnē būs lielāks spiediens.
- Jā, ja sākuma momentā caurulē būs lielāks spiediens.
- Nē, jo spiediens caurulē starp kartupeli un noslēgto galu samazinās apgriezti proporcionāli palikušajam attālumam.
- Jā, ja tvertnē būs mazāks spiediens.
- Nē, jo spiediens caurulē starp kartupeli un noslēgto galu pieaug tieši proporcionāli palikušajam attālumam.
- Jā, tas notiks šajā gadījumā.
- Nē, jo spiediens caurulē starp kartupeli un noslēgto galu pieaug apgriezti proporcionāli palikušajam attālumam.
- Nē, jo spiediens caurulē starp kartupeli un noslēgto galu samazinās tieši proporcionāli palikušajam attālumam.

8. Kam jāizpildās punktā, kur kartupeļa paātrinājums ir nulle, un kur pēc ilgām svārstībām kartupelis apstāsies? (1 p)

Atbilde: [1 p]

- Jābūt vienādiem gaisa tilpumiem abās pusēs kartupelim.
- Attālumam līdz kartupelim no abiem caurules galiem jābūt vienādiem.
- Jābūt vienādiem gaisa spiedieniem abās pusēs kartupelim.
- Spēku summai, kas darbojas uz kartupeli, jābūt vienādai ar spiedienu.
- To nav iespējam noteikt.

9. Cik liels būs spiediens rezervuārā, kad kartupelis apstāsies (arī šeit pieņemsim, ka kartupeļa apstāšanos izraisa berze, kas ir pārāk maza, lai to ņemtu vērā aprēķinos, bet pietiekami liela, lai izraisītu apstāšanos galīgā laika periodā).

Atbilde: p_2 = ☐ kPa **[1 p]**

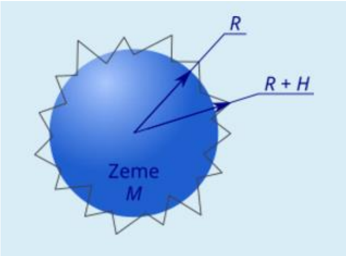
10. Cik tālu no caurules sākuma kartupelis apstāsies?

Atbilde: x = ☐ m **[1 p]**

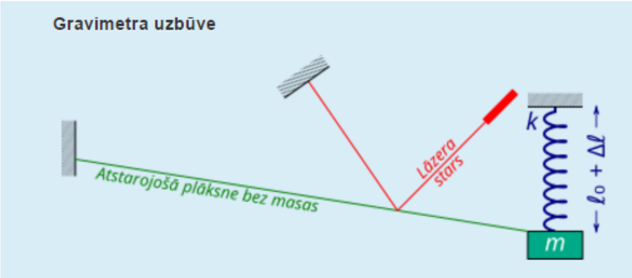
11 – 3 Gravimetrija

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

Brīvās krišanas paātrinājums ir atkarīgs no daudziem faktoriem. Kā dažus uzskatāmākos var minēt Zemes nehomogenitāti, rotācijas kustību, pazemes ūdens plūsmas, mijiedarbību ar tuviem, masīviem ķermeņiem, attālumu līdz masas centram. Šajā uzdevumā apskatīsim Zemes modeli, kas Zemes gravitācijas lauku apraksta, uzskatot, ka Zeme ir homogēna lode ar rādiusu R un masu M, taču kalni un ielejas maina augstumu H virs šīs lodes, uz kuras atrodas Zemes virsma.



Izmērīt brīvās krišanas paātrinājuma izmaiņu, pārvietojoties pa Zemes virsmu, var ar ideālu atsperi, kuras stinguma koeficients ir k un galā piestiprināts atsvars ar masu m. Jāņem vērā, ka brīvās krišanas paātrinājuma izmaiņas ir tik niecīgas, ka atsperes deformācija būtu praktiski neievērojama.



Gravimetru veido atsvars m, kas piestiprināts atsperei, kuras stinguma koeficients k. Lāzera stars ļauj detektēt pat nelielas garuma ℓ izmaiņas.

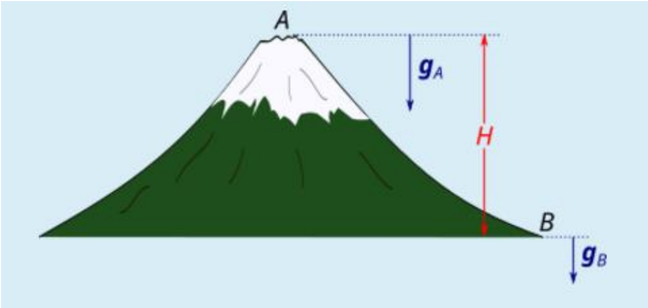
1. Kā mērīt brīvās krišanas paātrinājuma izmaiņu?

Zemi modelēsim kā homogēni piepildītu lodi ar masu $M = 6{,}0 \times 10^{24}$ kg un rādiusu $R = 6300$ km, kura atrodas miera stāvoklī (gan virzes, gan rotācijas kustība ir neievērojami maza). Gravitācijas konstante $G = 6{,}6 \times 10^{-11}$ m^{3}kg^{-1}s^{-2}. Aplūkosim atsperi, kuras viens gals stabili nostiprināts attiecībā pret Zemes virsmu, taču otrs gals var bez berzes kustēties gravitācijas spēka virzienā un savienots ar masu $m = 15$ g. Dots, ka nedeformētas atsperes garums $\ell_0 = 15$ cm un stinguma koeficents $k = 0{,}050$ N/m.

A Aprēķini atsperes pagarinājumu $\Delta\ell$ līdzsvara stāvoklī, ja gravimetrs novietots kalna pakājē? Var uzskatīt, ka lodīte m atrodas attālumā R no Zemes masas centra.

Atbilde: $\Delta\ell$ = ☐ m **[1 p]**

Šāda tipa gravimetrs parasti mēra tikai brīvās krišanas paātrinājuma izmaiņu. Gravimetrs tiek pārnests no punkta B, kas atrodas kalna pakājē uz punktu A, kas atrodas kalna virsotnē. Punktos A un B novērotais brīvās krišanas paātrinājums g atšķiras.



B Aprēķini brīvās krišanas paātrinājuma izmaiņu, pārejot no kalna pakājes uz kalna virsotni, ja kalna augstums $H = 2$ km, un Zemi var modelēt kā homogēni piepildītu lodi ar masu $M = 6{,}0 \times 10^{24}$ kg un rādiusu $R = 6300$ km?

Atbilde:
Brīvās krišanas paātrinājums
- palielinās
- samazinās

par ☐ m/s². **[1 p]**

C Gravimetrijā mēdz lietot CGS sistēmu, kur paātrinājuma mērvienība ir gals vai galileo (Gal), un 1 Gal = 1 cm/s². No tā var veidot arī atvasinātās mērvienības (piemēram, 1 Gal = 10^3 mGal).

Pārveidot:
Atbilde: 2×10^{-4} m/s² = ☐ mGal. **[1 p]**

D Atsperes attālumu gravimetrā ir iespējams mērīt ar precizitāti līdz $\delta\ell = 1$ µm. Ar cik lielu precizitāti δg ir iespējams izmērīt brīvās krišanas paātrinājuma izmaiņu?
Izmanto datus: gravimetrā ir atspere, kuras garums nedeformētā stāvoklī ir $\ell_0 = 15$ cm, stinguma koeficients ir $k = 0{,}050$ N/m, un kurai piestiprināts atsvars ar masu $m = 15$ g. Var pieņemt, ka izmērāmais brīvās krišanas paātrinājums ir ļoti tuvs $g = 9{,}81$ m/s².

Atbilde: δg = ☐ m/s² **[1 p]**

E Kā iespējams uzlabot gravimetra izšķirtspēju (samazināt iepriekš izrēķināto δg)? **[1 p]**

Katrā logā izvēlies vienu atbildi.
Atbilde1:
- Izmantot tikpat resnu, bet garāku atsperi no tā paša materiāla
- Izmantot tikpat resnu, bet īsāku atsperi no tā paša materiāla
- Atsperes garums neietekmē precizitāti

Atbilde2:
- Izmantot tikpat garu, bet resnāku atsperi no tā paša materiāla
- Izmantot tikpat garu, bet tievāku atsperi no tā paša materiāla
- Atsperes resnums neietekmē precizitāti

Atbilde3:
- Palielināt apkārtējās vides blīvumu
- Samazināt apkārtējās vides blīvumu
- Vides blīvums neietekmē precizitāti

Atbilde4:
- Palielināt atsvara masu
- Samazināt atsvara masu
- Atsvara masa neietekmē precizitāti

Mērījumu precizitāti ietekmē apkārtējās vides svārstības, kuras cenšas slāpēt ar dinamiskās stabilizācijas paņēmieniem. Īpaši lielu ietekmi rada svārstības, kas sakrīt ar atsperes paššvārstību frekvenci.

F Cik liela ir gravimetra pašsvārstību frekvence, ja atsperes garums nedeformētā stāvoklī ir ℓ_0 = 15 cm, stinguma koeficients ir k = 0,050 N/m, un tai pievienotā atsvara masa m = 15 g? Pieņemt, ka brīvās krišanas paātrinājums ir g = 9,81 m/s^2.

Atbilde: f = ☐ Hz **[1 p]**

2. Kā mērīt brīvās krišanas paātrinājuma absolūto vērtību?

Vienkāršākais veids, kā pietiekami precīzi izmērīt brīvās krišanas paātrinājumu, ir izmantot tā saukto matemātisko svārstu, t. i. vieglā diegā iekārtu lodīti ar masu m.

A Cik liels ir brīvās krišanas paātrinājums, ja matemātiskais svārsts laikā t = 21 s veic N = 10 svārstības?

Pieņemsim, ka matemātisko svārstu veido lodīte ar masu m = 100 g, kas iekārta diegā attālumā ℓ_0 = 0,9 m no piekāršanas punkta. Šī brīvās krišanas paātrinājuma vērtība var nesakrist ar g.

Atbilde: g_T = ☐ m/s^2 **[1 p]**

B Zināms, ka kādā punktā M brīvās krišanas paātrinājums ir g_M = 9,810 m/s^2, bet citā punktā L brīvās krišanas paātrinājums ir g_L = 9,811 m/s^2. Aprēķini matemātiskā svārsta svārstību perioda izmaiņu, pārejot no punkta M uz punktu L. Pieņemsim, ka matemātisko svārstu veido lodīte ar masu m = 100 g, kas iekārta diegā attālumā ℓ_0 = 0,9 m no piekāršanas punkta.

Atbilde: [1 p]
Svārstību periods
- samazinās
- palielinās

par ☐ s

C Mūsdienās nav problēmu mērīt svārstību periodu ar precizitāti δt = 1 µs. Ar cik lielu precizitāti δg šajā gadījumā ir iespējams mērīt brīvās krišanas paātrinājumu, izmantojot matemātisko svārstu? Matemātiskā svārsta lodītes masa m = 100 g, lodīte iekārta diegā attālumā ℓ_0 = 0,9 m no piekāršanas punkta un izmērāmais brīvās krišanas paātrinājums ir ļoti tuvs g = 9,81 m/s^2.

Atbilde: δg = ☐ m/s^2 **[1 p]**

3. Kurš vai kuri no šiem iemesliem traucē izmērīt brīvās krišanas paātrinājumu ar ļoti augstu precizitāti, izmantojot matemātisko svārstu?

Atbilde: [1 p]
Izvēlieties vienu vai vairākas:
- ☐ Gaisa pretestība
- ☐ Diega garums mainās kustības laikā
- ☐ Nav iespējams pietiekami precīzi izmērīt svārstību periodu
- ☐ Piekārtā ķermeņa masa mainās kustības laikā
- ☐ Nav iespējams pietiekami precīzi izmērīt attālumu starp piekāršanas punktu un masas centru
- ☐ Atbalsta punkts nedaudz svārstās