



## Valsts izglītības satura centrs

Valņu iela 2, Rīga, LV-1050, tālr. 67216500, fakss 67223801, e-pasts: [vis@visc.gov.lv](mailto:vis@visc.gov.lv), [www.visc.gov.lv](http://www.visc.gov.lv)

### Fizikas Valsts 74. olimpiāde Otrā posma uzdevumi 11. klasei

#### 11-1 Mājas apsildīšana

Sapņotāju ģimene ir nolēmusi sākt savas mājas būvniecību, un ir pienācis laiks izvēlēties veidu, kā māja tiks apsildīta. Ir pieejami dažādi varianti – gāzes, elektrības, malkas apkure vai siltumsūkņi. Siltumsūkņim piemīt liela priekšrocība – vasarā to var izmantot arī kā kondicionieri mājas dzesēšanai.

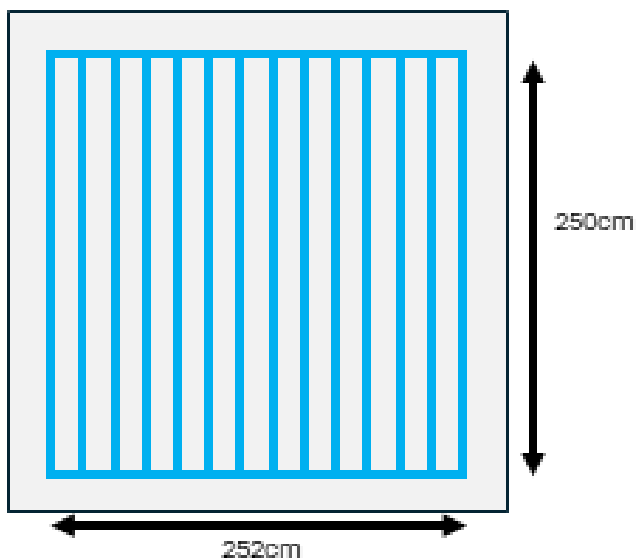
Caur siltumu vadoša materiāla slāni, kura pretējo virsmu temperatūru starpība ir  $\Delta T$ , aizvadīto siltumu aprēķina pēc formulas

$$Q = \lambda \frac{\Delta T}{l} S t,$$

kur  $\lambda$  ir materiāla siltumvadīšanas koeficients,  $l$  ir materiāla biezums (siltuma vadīšanas virzienā),  $S$  ir materiāla šķērsriezuma laukums (perpendikulāri vadīšanas virzienam), un  $t$  ir siltuma aizvadīšanai patērētais laiks.

- A. Salīdzināsim dažādus apkures veidus mājai. Zināms, ka ūdens blīvums ir  $997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , īpatnējā siltumietilpība ir  $4190 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ , sausas malkas īpatnējais sadegšanas siltums ir  $1 \cdot 10^7 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$  un dabasgāzes īpatnējais sadegšanas siltums ir  $4.4 \cdot 10^7 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$ . Ģimene vēlas, lai gaisa temperatūra mājā būtu  $20^\circ\text{C}$ .
- (A.1) (1 punkts) Kad āra temperatūra ir  $0^\circ\text{C}$ , siltuma patēriņš ir  $P_1 = 0.75 \text{ kW}$ . Aprēķini siltuma patēriņu (kW), kad ārā ir  $-20^\circ\text{C}$ .
- (A.2) (1 punkts) Cik kilogramu sausas malkas būtu jāsadegstina stundā (kg/h), lai uzturētu mājā siltumu, kad ārā ir  $0^\circ\text{C}$ ? Pieņem, ka malkas dedzināšana ir vienīgais siltuma avots.
- (A.3) (1 punkts) Cik kubikmetru dabasgāzes (istabas temperatūrā un atmosfēras spiedienā -  $10^5 \text{ Pa}$ ) jāsadegstina stundā ( $\text{m}^3/\text{h}$ ), lai uzturētu mājā siltumu, kad ārā ir  $0^\circ\text{C}$ ? Pieņem, ka dabasgāzes dedzināšana ir vienīgais siltuma avots. Dabasgāzes vidējā molmasa ir  $\mu = 19 \text{ g/mol}$  un gāzu konstante ir  $R = 8.31 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ .
- (A.4) (1 punkts) Cik lielai jābūt elektriskā sildelementa pretestībai ( $\Omega$ ), lai tas uzturētu mājā siltumu, kad ārā ir  $0^\circ\text{C}$ , ja tam pielikts līdzstrāvas spriegums  $U = 220 \text{ V}$ ? Pieņem, ka elektriskais sildelements ir vienīgais siltuma avots, kas attīsta nepieciešamo jaudu siltuma uzturēšanai mājā.
- B. Mājā ir 5 istabas un katrā ir elektriskais sildelements (rezistors). Šie sildelementi ir saslēgti vienā elektriskajā ķēdē, kuras kopējai pretestībai jābūt  $1 \Omega$  (vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās).
- (B.1) (1 punkts) Aprēķini, cik liela ir nepieciešamā sildelementa pretestība ( $\Omega$ ), ja tie vidi ir vienādi un saslēgti

- i. (0.5 punkti) virknē  
 ii. (0.5 punkti) paralēli
- (B.2) (1 punkts) Vienai no piecām istabām – viesistabai – ir nepieciešams divreiz vairāk siltuma nekā jebkurai no pārējām istabām. Cik lielai ir jābūt viesistabas sildelementa pretestībai ( $\Omega$ ), ja visi sildelementi ir saslēgti paralēli?
- C. Siltumsūknis izmanto elektroenerģiju, lai "sūknētu siltumu" no āra gaisa (ar temperatūru  $T_c$ ) uz iekštelpu gaisu (ar temperatūru  $T_h$ ). Ideālam siltumsūknim attiecība starp patērēto elektroenerģiju un iekštelpām pievadīto siltumu ir  $\frac{T_h - T_c}{T_h}$
- (C.1) (1 punkts) Cik reizi vairāk elektroenerģijas siltumsūknis patērēs, kad ārā ir  $-20^\circ\text{C}$ , salīdzinot ar to, kad ārā ir  $0^\circ\text{C}$ ? Pieņem, ka siltumsūknis ir mājas vienīgais siltuma avots.
- D. Ja apkurina ar malku, tad dažkārt malka nebūs pilnībā sausa. Pieņem, ka 100 kg slapjas malkas pēc izžāvēšanas sver 55 kg. Sausas malkas īpatnējais sadegšanas siltums ir  $q_{\text{sausai}} = 1 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$
- (D.1) (1 punkts) Aprēķini slapjas malkas īpatnējo sadegšanas siltumu ( $\text{J/kg}$ ), ja ūdens iztvaikošanas siltums ir  $2.26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$ .
- E. Kādā istabā apsildīšanai ierīkota apsildāmā grīda. Tās galvenā komponente ir ūdens caurules, kas pievada silto ūdeni telpas apsildīšanai un to izkārtojums ir dots attēlā. Cauruļu diametrs ir 1cm, attālums starp paralēlajām caurulēm ir 20cm, tātad caurules paralēli var izvietot 14 rindās. Grīdas platība ir  $2.50 \times 2.52 \text{ m}$ .

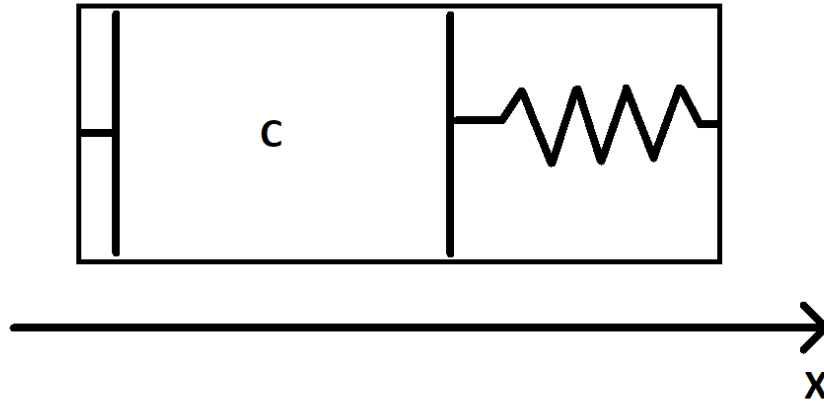


Istaba nav sildīta un ir atdzisusi līdz  $0^\circ\text{C}$ . Sapņotāji vēlas to uzsildīt līdz  $20^\circ\text{C}$ .

- (E.1) (1 punkts) Cik liels siltuma daudzums ir nepieciešams (kJ), lai uzsildītu grīdas caurulēs esošo ūdeni līdz  $20^\circ\text{C}$ ?
- (E.2) (1 punkts) Kad trubiņas ir uzsildītas, tās silda 4cm biezu priedes koka grīdu. Pieņemiet, ka sildīšana ir homogēna pa visu grīdu. Aprēķiniet priedes koka siltumvadīšanas koeficientu  $\lambda$  ( $\frac{\text{J}}{\text{s}\cdot\text{K}\cdot\text{m}}$ ), ja istaba tika sasildīta 1 stundas laikā. Istabas uzsildīšanai nepieciešamais siltuma daudzums ir 7.86 MJ un sildīšanas laikā ūdens temperatūra trubiņās ir  $10^\circ\text{C}$  augstāka par istabas gaisa temperatūru.

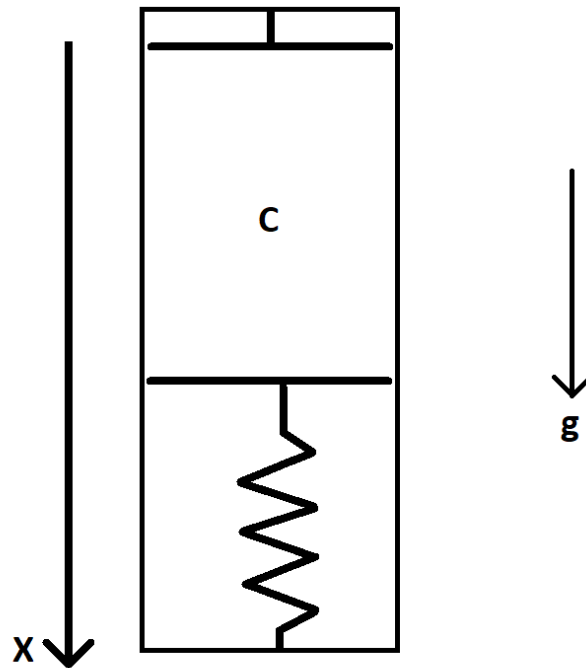
## 11-2 Gravimetrs

Šajā uzdevumā tuvāk aplūkosim gravimetru, kas ir akselerometra variants speciāli pielāgots gravitācijas spēka mērīšanai. Telefonos tie tiek izmantoti, lai noteiktu telefona orientāciju. Precīzāki gravimetri ļauj pētīt pazemes struktūras, kā arī palīdz naftas un dabasgāzes meklējumos.



Aplūkojam vienu iespējamu gravimetra uzbūvi, kuras galvenā sastāvdaļa ir kondensators ar vienu nostiprinātu, nekustīgu plakni un otru kustīgu plakni, kas caur atsperi ir savienota ar nekustīgu sienu. Viscaur uzdevumā pieņemt, ka kondensatora kustīgā plakne atrodas koordinātes ass virzienā, kā parādīts attēlā.

- A. Miera stāvoklī kondensatorā uzkrātais lādiņš ir  $Q = 5 \text{ pC}$ . Elektriskā konstante  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
- (A.1) (1 punkts) Cik liels ir vienas kondensatora plaknes radītais spēks uz otru kondensatora plakni, ja kondensatora plaknes laukums ir  $S = 0.25 \text{ mm}^2$ ?
- (A.2) (1 punkts) Par cik nobīdīsies otra kondensatora plakne no līdzsvara stāvokļa, pieņemot, ka uz to darbošais elektriskais spēks ir  $F = 2 \mu\text{N}$  (vērtība var nesakrist ar iepriekš aprēķināto), ja atsperes stinguma koeficients ir  $k = 100 \text{ N/m}$ ?
- B. Telefons tiek ievietots gravitācijas laukā kā redzams attēlā. Atsperes kustīgās plāksnes masa  $m = 25 \text{ mg}$  un atsperes stinguma koeficients  $k = 100 \text{ N/m}$ . Brīvās krišanas paātrinājums  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
- Smaguma spēks uz kondensatora kustīgo plakni ir daudzreiz lielāks nekā elektriskais spēks uz kondensatora plakni, tāpēc turpmāk uzdevumā pieņemt, ka elektriskais spēks starp plaknēm ir nulle!
- (B.1) (0.5 punkti) Cik liela ir atsperes novirze no līdzsvara stāvokļa šajā gadījumā?



- (B.2) (1 punkts) Telefons izslīd no rokām un sāk krist brīvās krišanas paātrinājuma virzienā. Kondensatora kustīgā plakne sāk harmoniski svārstīties ap jauno līdzsvara stāvokli. Ar cik lielu periodu  $T$  notiks šīs svārstības?
- (B.3) (1 punkts) Pēc kāda brīža svārstības norims, un kondensatora kustīgā plakne nostabilizēsies pie jaunā līdzsvara stāvokļa. Par cik būs izmainījusies atsperes potenciālā enerģija  $E_{pot}$  atšķirībā no sākuma stāvokļa, kad telefons tika turēts rokās? Pieņemt, ka sākuma stāvoklī atsperes novirze no līdzsvara stāvokļa  $\Delta x = 10 \mu\text{m}$  (vērtība var nesakrist ar iepriekš aprēķināto).
- (B.4) (1 punkts) Par cik izmainīsies kondensatora enerģija atšķirībā no sākuma stāvokļa, kad telefons tika turēts rokās? Kondensatora plaknes laukums ir  $S = 0.25 \text{ mm}^2$ , uz kondensatoru ir pielikts konstants spriegums  $U = 3 \text{ V}$ , attālums starp plāksnēm beigu stāvoklī  $d = 100 \mu\text{m}$  un sākuma stāvoklī atsperes pagarinājums  $\Delta x = 10 \mu\text{m}$ .
- (B.5) (1 punkts) Kura formula izsaka gravitācijas lauka paātrinājumu, ja akselerometra nomērītā kondensatora kapacitāte ir  $C$ ?

a)  $g = \frac{k}{m} \cdot \left( \frac{\varepsilon_0 S}{C} - d \right)$

b)  $g = \frac{k}{m} \cdot \left( \frac{\varepsilon_0 S}{C} + d \right)$

c)  $g = \frac{k}{m} \cdot \left( \frac{C}{\varepsilon_0 S} + d \right)$

d)  $g = \frac{k}{m} \cdot \left( \frac{C}{\varepsilon_0 S} - d \right)$

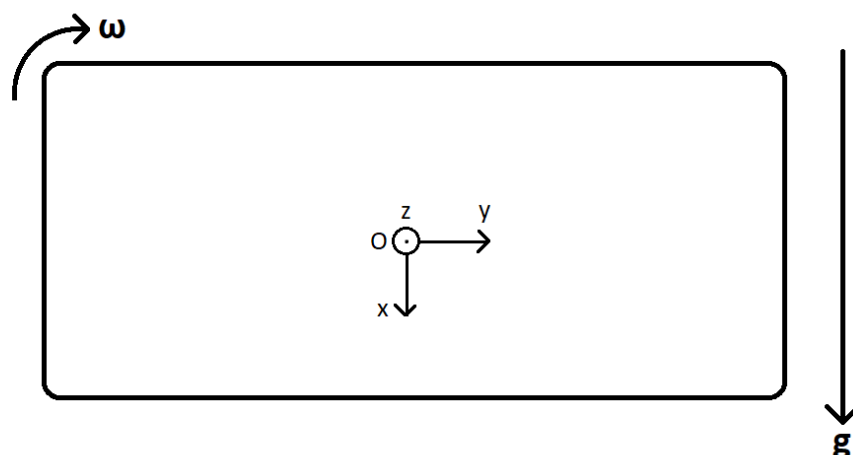
e)  $g = \frac{m}{k} \cdot \left( \frac{\varepsilon_0 S}{C} + d \right)$

f)  $g = \frac{m}{k} \cdot \left( \frac{\varepsilon_0 S}{C} - d \right)$

g)  $g = \frac{m}{k} \cdot \left( \frac{C}{\varepsilon_0 S} + d \right)$

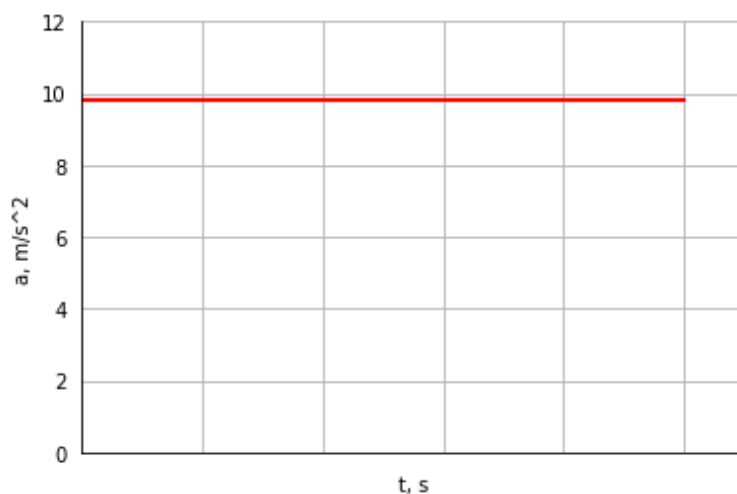
h)  $g = \frac{m}{k} \cdot \left( \frac{C}{\varepsilon_0 S} - d \right)$

- C. Telefona gravimetra uzbūvē tiek pievienoti vēl divi kondensatori tā, lai gravimetrs varētu reģistrēt paātrinājumu  $x$ ,  $y$ ,  $z$  virzienos.

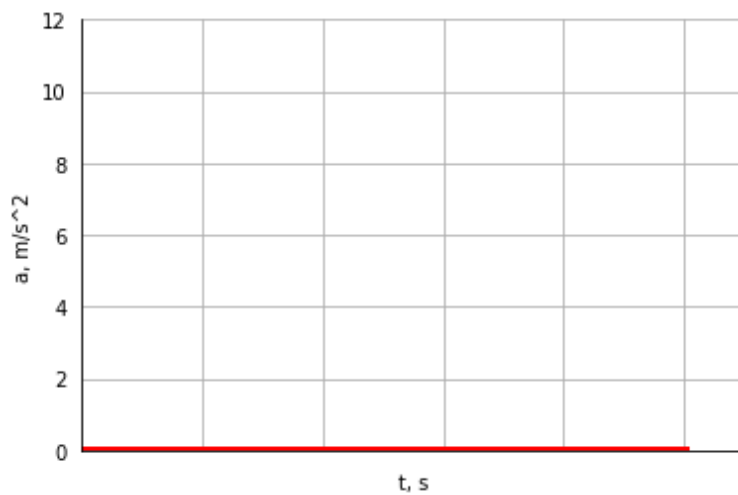


(C.1) (1.5 punkti) Telefona sākotnējā pozīcija ir redzama attēlā.  $z$ -ass ir perpendikulāra telefona plaknei. Gravimētrs atrodas telefona centrā, kā arī rotācijas ass iet caur telefona centru. Telefons tiek griezts ar konstantu leņķisko ātrumu  $\omega$  līdz tas pagriezts par  $90^\circ$ .

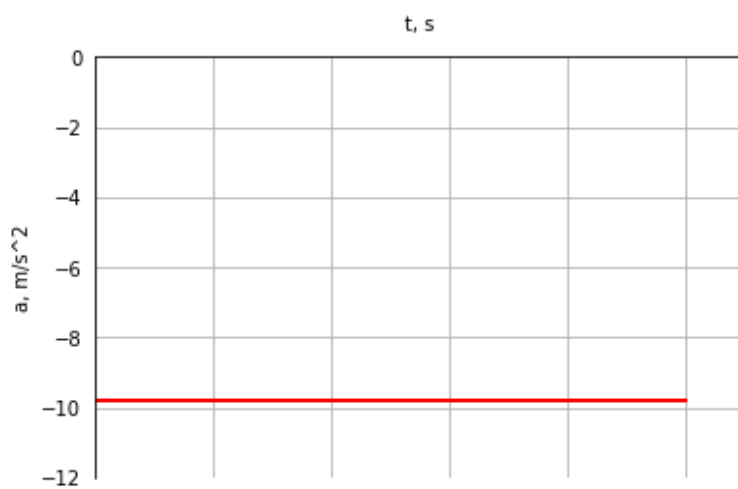
1. Kurā grafikā ir attēlota  $a_x$  izmaiņa laikā?
2. Kurā grafikā ir attēlota  $a_y$  izmaiņa laikā?
3. Kurā grafikā ir attēlota  $a_z$  izmaiņa laikā?



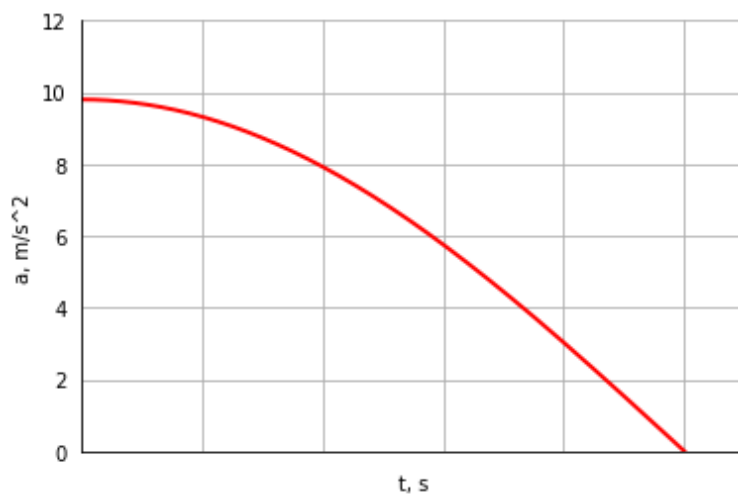
Attēls 1: A



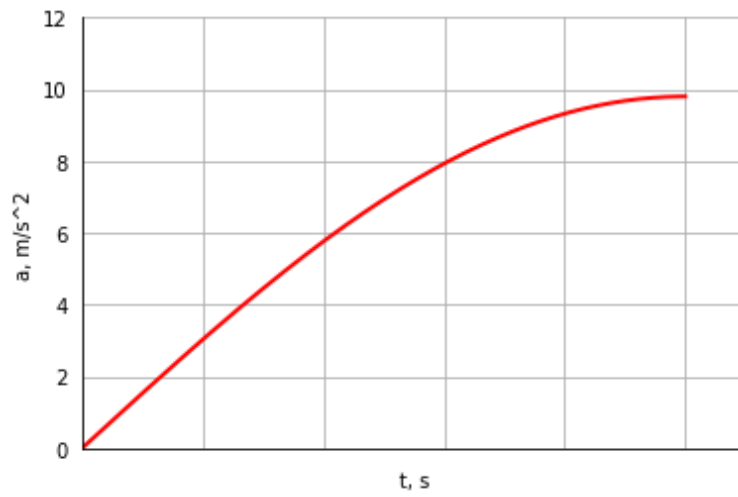
Attēls 2: B



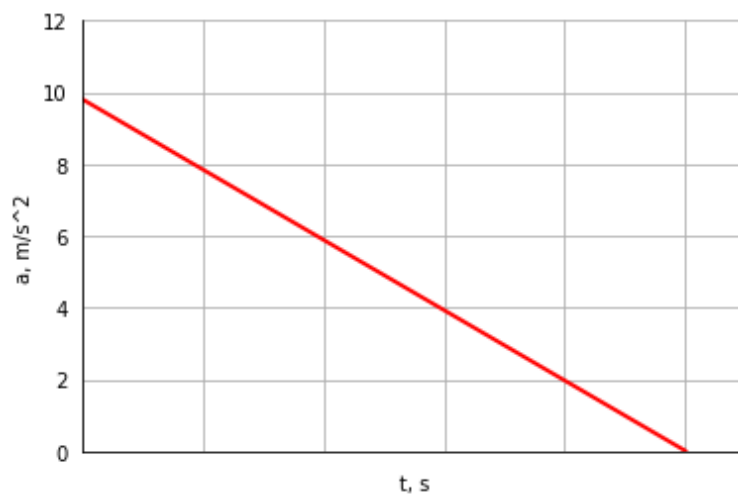
Attēls 3: C



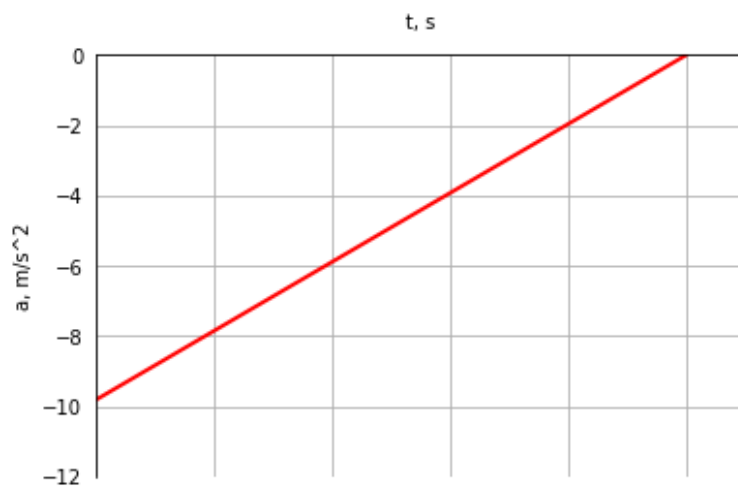
Attēls 4: D



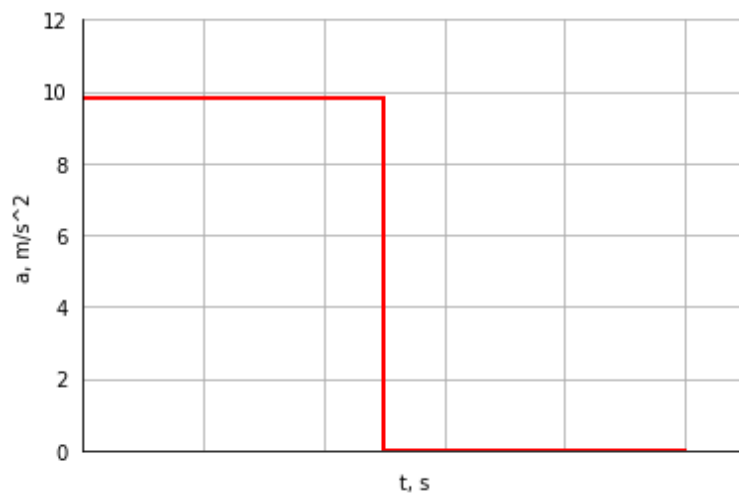
Attēls 5: E



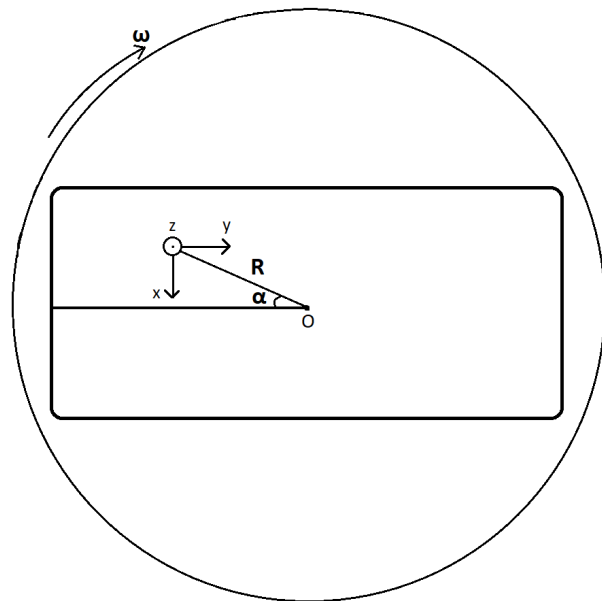
Attēls 6: G



Attēls 7: H

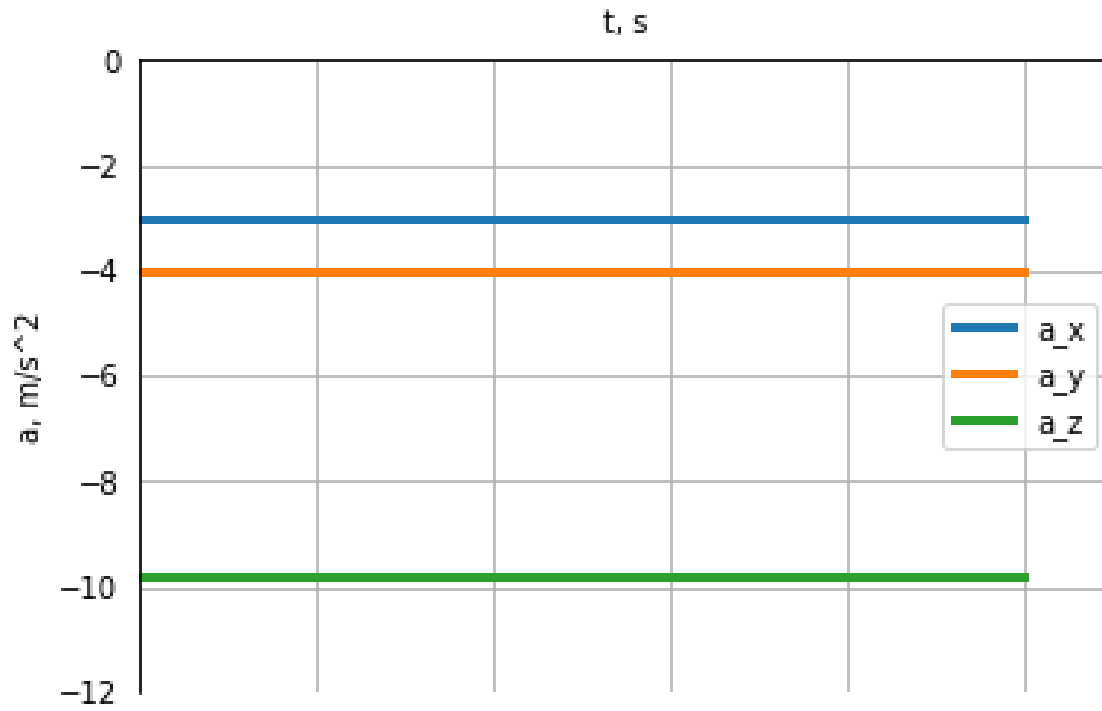


Attēls 8: I





Parasti gravimetrs neatrodas telefona centrā. Lai noteiktu tā atrašanās vietu attiecībā pret telefona centru, telefons tiek novietots uz rotējošas pamatnes, kas rotē ar leņķisko ātrumu  $\omega = 10 \text{ rad/s}$ . Pēc tam, kad telefons tika noņemts no rotējošās pamatnes tika iegūti šādi paātrinājuma dati no gravimetra.



(C.2) (1 punkts) Nosaki gravimetra attālumu no telefona centra.

(C.3) (1 punkts) Nosaki leņķi  $\alpha$

### 11-3 Jupitera pētīšana

Jupiters ir Saules sistēmas masīvākā planēta, piektā no Saules, kā arī viens no spožākajiem objektiem nakts debesīs. Jupiters ir daudzu izpētes misiju mērķis kopš 1972. gada. Šajā uzdevumā aplūkosim dažādas misijas daļas no ekspedīcijas plānošanas līdz eksperimentiem Jupitera orbītā.

Visā uzdevumā pieņemsim, ka visas planētu un zondes orbītas ir riņķveida un atrodas vienā plaknē. Viens Zemes gads ir 365 dienas. Gravitācijas konstante ir  $6.67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$ . Keplera trešais likums:  $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$ , kur  $T$  - apriņķošanas periods,  $a$  - orbītas lielā pusass,  $G$  - gravitācijas konstante un  $M$  - ķermeņa, ap kuru kustas, masa.

- A. Gatavojoties palaišanai, jāizvēlas tāds datums, lai, kad zonde sasniegs Jupitera orbītu, tā nepārlidotu garām planētai, un jāaprēķina degvielas daudzums, kas nepieciešams, lai pilnībā pārvarētu Zemes gravitāciju.
- (A.1) (1 punkts) Cik liels ir Jupitera apriņķošanas periods, ja Jupitera orbītas rādiuss ir  $7.5 \cdot 10^8$  km un Zemes orbītas rādiuss ir  $1.5 \cdot 10^8$  km?
- (A.2) (1 punkts) Plānojot zondes palaišanas laiku, jāņem vērā, ka neparedzētu apstākļu dēļ starts var neizdoties, tāpēc būtiski aprēķināt arī nākamo iespējamo zondes palaišanas laiku. Pēc cik dienām pēc sākotnēji plānotā zondes starta Jupiters atradīsies tādā pašā pozīcijā, lai zondi varētu palaist vēlreiz, ja Jupitera apriņķošanas periods ir 12 zemes gadi (vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās)?
- (A.3) (1 punkts) Cik lielam minimālajam ātrumam jābūt zondei augstumā 400 km virs Zemes virsmas, lai tā pilnībā pārvarētu planētas gravitāciju (tas ir - aizlidotu prom uz neatgriešanos)? Zemes rādiuss ir 6 371 km un masa  $5.97 \cdot 10^{24} kg$ ?
- B. Pēc veiksmīgas zondes palaišanas ir pienācis laiks izpētīt telpu starp planētām.
- (B.1) (1 punkts) Noteiktā brīdī zondes ceļā Zeme un Jupiters iedarbojas uz zondi ar vienādiem, bet pretēji vēršiem gravitācijas spēkiem. Aprēķini zondes attālumu no Zemes šajā brīdī, ja zināms, ka tad Saule, Zeme un Jupiters atrodas uz vienas taisnes un Jupitera masa ir  $1.90 \cdot 10^{27} kg$ .
- C. Ierodoties Jupitera tuvumā, tagad varam redzēt iepriekš neredzamus Jupitera gredzenus. Lai zonde ar tiem nesadurtos, ir ātri jāmaina kustības virziens. Maksimālais paātrinājums, ko zondei var dot reaktīvie dzinēji ir  $A = 0.1 m/s^2$ .
- (C.1) (1 punkts) Kādā brīdī zondei jāizmaina savs kustības virziens par  $90^\circ$  tā, lai sākotnējie un beigu ātrumi būtu pēc moduļa vienādi. Kādā leņķī pret sākotnējo kustības virzienu jāorientē zondes dzinēji, lai šo manevru veiktu visīsākajā iespējamajā laikā?
- (C.2) (1 punkts) Cik ilgs laiks nepieciešams, lai izdarītu šo manevru ja zondes sākotnējais ātrums ir  $v = 1.5 \frac{km}{s}$ ?
- D. Pēc ierašanās Jupitera orbītā mēs vēlamies izpētīt Jupitera Lielo Sarkanā Plankumu un veikt eksperimentus orbītā. Lai uzņemtu ilgas ekspozīcijas fotoattēlus, zondes orbītas periodu ir jāsinchronizē ar Lielā Sarkanā Plankuma kustību pa Jupitera virsmu.
- (D.1) (1 punkts) Cik lielam ir jābūt zondes orbītas rādiusam, ja Lielais Sarkanais Plankums no Zemes ir redzams apmēram divas reizes dienā?

- (D.2) (1 punkts) Cik liels būs brīvās krišanas paātrinājums 170 000 km attālumā (vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās) no Jupitera centra?
- (D.3) (1 punkts) Zondē atrodas matemātiskais svārstis, kura svārstību periods uz Zemes virsmas ir  $T$ . Zonde ir orbītā ap Jupiteru, augstumā, kur brīvās krišanas paātrinājums ir uz pusi mazāks nekā uz Zemes virsmas. Kurš atbildes variants izsaka matemātiskā svārstu svārstību periodu šajā situācijā?
- $T$
  - $T \frac{1}{\sqrt{2}}$
  - $\sqrt{2}T$
  - $2T$
  - svārstību nebūs
- (D.4) (1 punkts) Zondes orbīta atrodas tuvu vienam no Jupitera pavadoņiem - Amaltejai. Lai novērtētu, vai Amalteja varētu destabilizēt zondes orbītu, aprēķini, cik reizes gravitācijas spēks no Jupitera uz zondi ir lielāks nekā gravitācijas spēks no Amaltejas uz zondi, kad Amalteja ir vistuvāk zondei? Zondes orbītas rādiuss ir 170 000 km (vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinātās), Amaltejas orbītas rādiuss ir 170 500 km, Amaltejas masa un rādiuss -  $2.08 \cdot 10^{18}$  kg un 83.5 km.