



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 72. olimpiāde  
Otrā posma uzdevumi 11. klasei**

**11 – 1 Gaisa balons**

1979. gadā divas ģimenes (kopā 8 cilvēki) mēģināja aizbēgt no Austrumvācijas uz Rietumvāciju paštaisītajā gaisa balonā (sk. att.). Šajā uzdevumā aplūkosim dažādus fizikālus efektus, kas saistīti ar šo vērienīgo mēģinājumu, kā arī izstāstīsim (ļoti mazu) daļu no drosmīgo cilvēku stāsta.

Visā uzdevumā pieņemsim, ka brīvās krišanas paātrinājums ir  $10 \text{ m/s}^2$ , universālā gāzu konstante ir  $8.31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ , apkārtējā gaisa temperatūra ir  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  un blīvums ir  $1,25 \text{ kg/m}^3$ .

1. Kādi ir jābūt gāzei, kas iepildīta gaisa balonā? Atzīmējiet visus nosacījumus, kuriem ir **obligāti** jāizpildās, lai gaisa balons varētu pacelties. (1 p)



- A Balonā iepildītās gāzes blīvumam ir jābūt lielākam par apkārtējā gaisa blīvumu
- B Balonā iepildītās gāzes blīvumam ir jābūt mazākam par apkārtējā gaisa blīvumu
- C Gāzei ir jābūt degošai
- D Gāzei nav jābūt degošai
- E Balonā iepildītās gāzes temperatūrai ir jābūt lielākai par apkārtējā gaisa temperatūru
- F Balonā iepildītās gāzes temperatūrai ir jābūt mazākai par apkārtējā gaisa temperatūru
- G Arhimēda spēkam, kas darbojas uz gaisa balonu, ir jābūt lielākam par smaguma spēku
- H Arhimēda spēkam, kas darbojas uz gaisa balonu, ir jābūt mazākam par smaguma spēku

I Gāzes molmasai ir jābūt lielākai par 29 g/mol

J Gāzes molmasai ir jābūt mazākai par 29 g/mol

2. Gaisa balonu būvēja bijušais gaisa spēku mehāniķis Pēteris Strelčiks un mūrnieks Gunters Vetcels - draugi un kolēģi plastmasas rūpnīcā. Viņi plānoja aizbēgt kopā ar savām sievām un bērniem (kopā četri bērni vecumā no 2 līdz 15 gadiem).



Viņi aprēķināja, ka pasažieru masa kopā ar visu transporta līdzekli (grozs un deglis, balona apvalks utt.) ir 750 kg.

A Cik lielam ir jābūt minimālajam Arhimēda spēkam, lai gaisa balons paceltos? (0,5 p)  $F_{A, \min} = \dots$  N

B Cik lielam ir jābūt minimālajam balona tilpumam, lai gaisa balons paceltos, ja bēgļi varētu piepildīt balonu ar hēliju (blīvums  $0,18 \text{ kg/m}^3$ )? (0,5 p)  $V_{\min} = \dots \text{ m}^3$

C Realitātē, esot Austrumvācijā, draugiem nebija nekādu iespēju dabūt tik lielu hēlija daudzumu, tāpēc balonu pildīja ar uzkarsetu gaisu. Cik lielai jābūt uzkarsetā gaisa temperatūrai, ja balona tilpums ir  $2000 \text{ m}^3$ ? (1 p)  $t = \dots \text{ }^\circ\text{C}$

3. Draugi dzīvoja mazajā pilsētiņā Poznekā. Lai neraisītu aizdomas, viņi meklēja audumu lielākās pilsētās. Gerā, kas atrodas 50 km attālumā, viņiem izdevās dabūt kokvilnas audumu, izskaidrojot milzīgo daudzumu ar to, ka plāno būvēt teltis kempinga klubam.



A Pieņemsim, ka balona forma ir lode ar rādiusu  $r$ . Balonā esošā gaisa tilpums ir proporcionāls (0,5 p)

- $r$
- $r^2$
- $r^3$
- $1/r$
- $1/r^2$
- $1/r^3$

B izlietotā auduma masa ir proporcionāla (0,5 p)

- $r$
- $r^2$
- $r^3$
- $1/r$
- $1/r^2$
- $1/r^3$

C Auduma blīvums ir  $200 \text{ g/m}^2$ . Ja viens gāzes kubikmetrs rada  $2.5 \text{ N}$  cēlējspēku (šī vērtība var atšķirties no iepriekšējos uzdevuma punktos iegūtās), cik  $\text{m}^2$  auduma vajag izmantot balona apvalkam, lai paceltos no zemes? Pasažieru masa kopā ar nepieciešamo tehniku (neskaitot gaisa balona apvalku) ir  $700 \text{ kg}$ . **(1 p)**

$$S = \dots \text{ m}^2$$

4. Pirmajā mēģinājumā Pēteris un Gunters ieslēdza degli un mēģināja piepildīt balonu ar karsto gaisu, taču tas neizdevās. Viņi izmēģināja novietot balonu uz  $25 \text{ m}$  augstas klints, lai būtu ērtāk novietot degli zem balona apvalka, bet tas arī neizdevās. Tāpēc pēc tam viņi nolēma izmantot sekojošu metodi: sākumā piepildīt balonu ar aukstu gaisu (izmantojot kompresoru, kas uztaisīts no motocikla dzinēja un ventilatora lāpstīnām), un tikai pēc tam to uzsildīt.

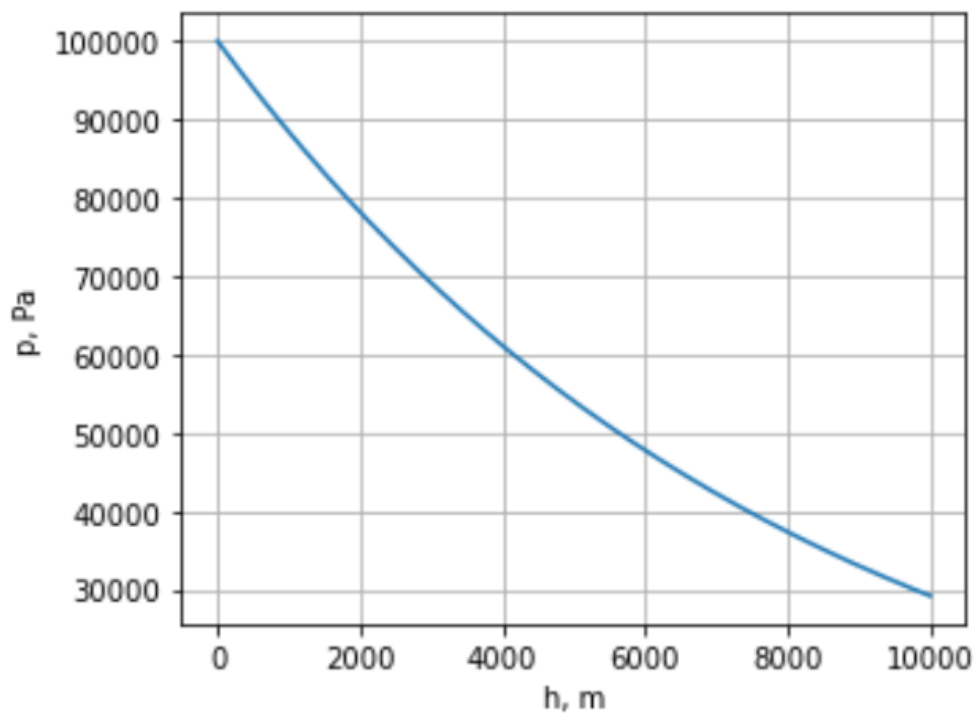
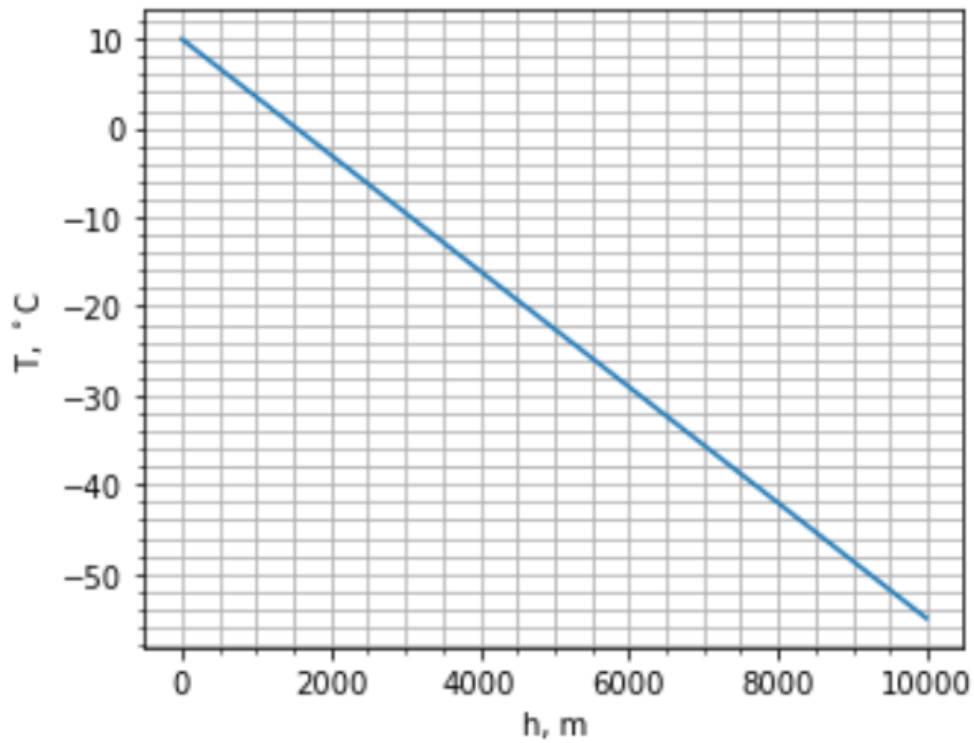
Lai uzsildītu balonā esošo gaisu, viņi izmantoja LPG (sašķidrinātās gāzes) degli. Pieņemsim, ka balona tilpums ir  $2000 \text{ m}^3$ , un pirms degļa ieslēgšanas tas bija pilns ar gaisu  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā. Šo gaisu uzsilda līdz  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tā kā balona apvalka apakšā ir liels caurums, karsts gaiss var brīvi izplūst ārā no balona, tāpēc gaisa spiediens balonā praktiski neatšķiras no atmosfēras spiediena  $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$ . Var pieņemt, ka gaisa molmasa ir  $0,029 \text{ kg/mol}$ .

A Cik liela gāzes masa ir balonā pēc tā uzsildīšanas? **(1 p)**  $m = \dots \text{ kg}$

B Cik kg LPG ir jāsadedzina, lai realizētu šādu procesu? LPG īpatnējais sadegšanas siltums ir  $49 \text{ MJ/kg}$ . Gaisa īpatnējā siltumietilpība ir  $1 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ . Siltuma zudumus neņem vērā. **(1 p)**  $m_{\text{LPG}} = \dots \text{ kg}$

5. Testējot iepriekšējo balona variantu, kolēģi noskaidroja, ka kokvilnas audums laiž cauri pārāk daudz gaisa. Nākamais materiāls, ko viņi izmantoja, bija sintētiskais audums - tafta. Lai iegūtu pietiekamu taftas daudzumu, viņiem bija jādodas uz Leipcigu, jānosauc sevi par burāšanas kluba pārstāvjiem un jāpasaka, ka šis audums ir nepieciešams burām. Šis audums izrādījās daudz piemērotāks, un 1979. gada 15. septembrī, pulksten 2:00 kopā ar savām ģimenēm viņi iekāpa balona grozā. Balons sāka celties augšup, bet troses, kas turēja to pie zemes, netika pārgrieztas vienlaicīgi. Tāpēc balons sašķiebās un aizdegās no LPG degļa. Viņiem izdevās nodzēst liesmas, un gaisa balons pacēlās  $2 \text{ km}$  augstumā. Vēja ietekmē tas sāka kustēties Rietumvācijas virzienā.

Gaisa temperatūras un spiediena atkarība no augstuma ir parādīta grafikos zemāk. Pieņemsim, ka gaiss, kas ir balonā, nemaina savu temperatūru ( $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ), bet tā spiediens atbilst atmosfēras spiedienam attiecīgajā augstumā. Balons nemaina savu tilpumu ( $2000 \text{ m}^3$ ), toties tajā iepildītā gaisa masa var mainīties.



**A** Cik liels ir apkārtējā gaisa blīvums 2 km augstumā? (1 p)

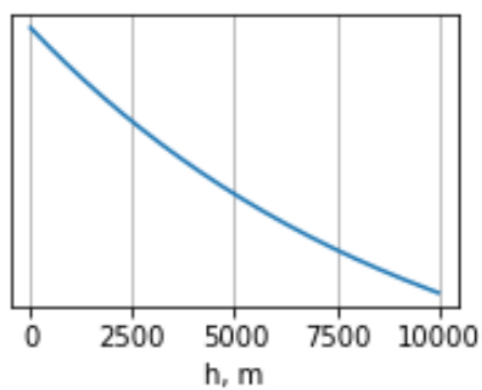
$$\rho_{2\text{km}} = \dots \text{ kg/m}^3$$

**B** Cik liels ir karstā gaisa radītais Arhimēda spēks 2 km augstumā? (1 p)

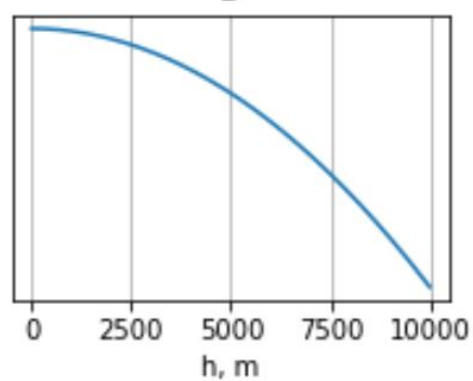
$$F_A = \dots \text{ N}$$

**C** Kāda ir Arhimēda spēka atkarība no augstuma? (1 p)

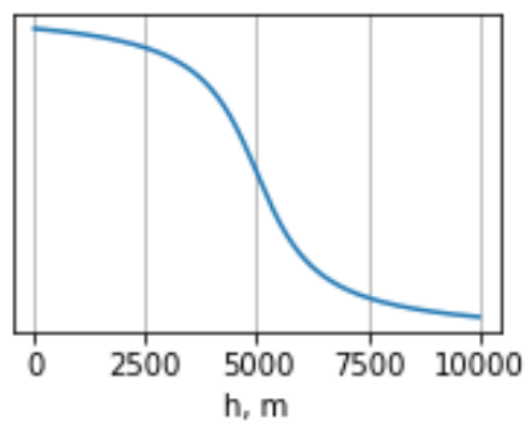
A



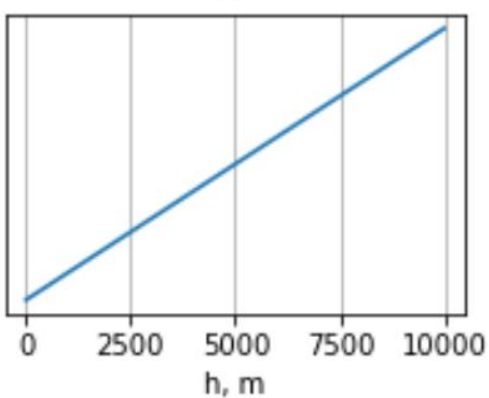
B



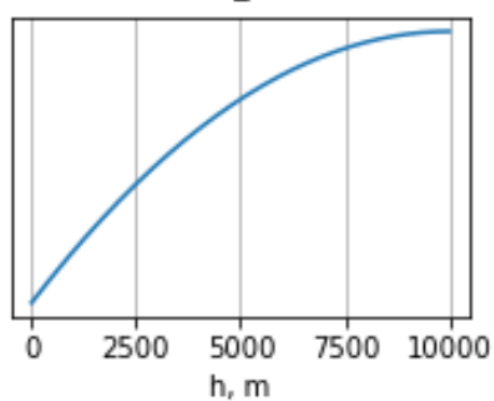
C



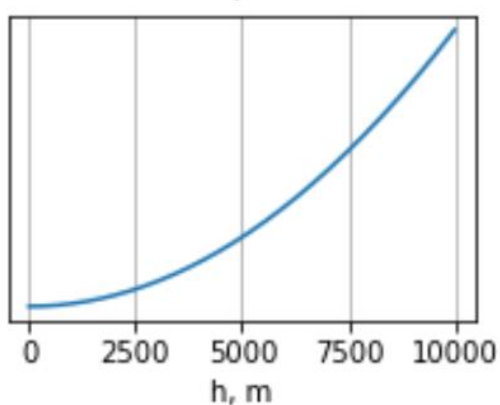
D



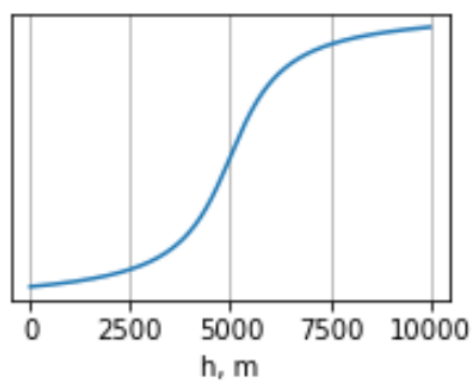
E



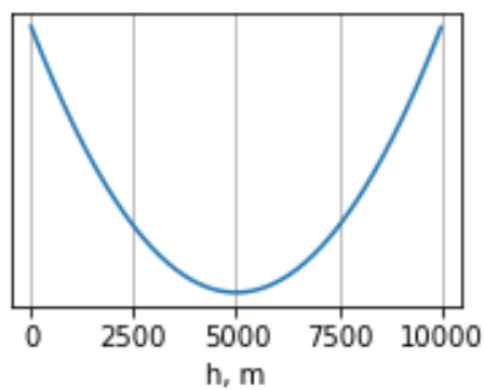
F



G

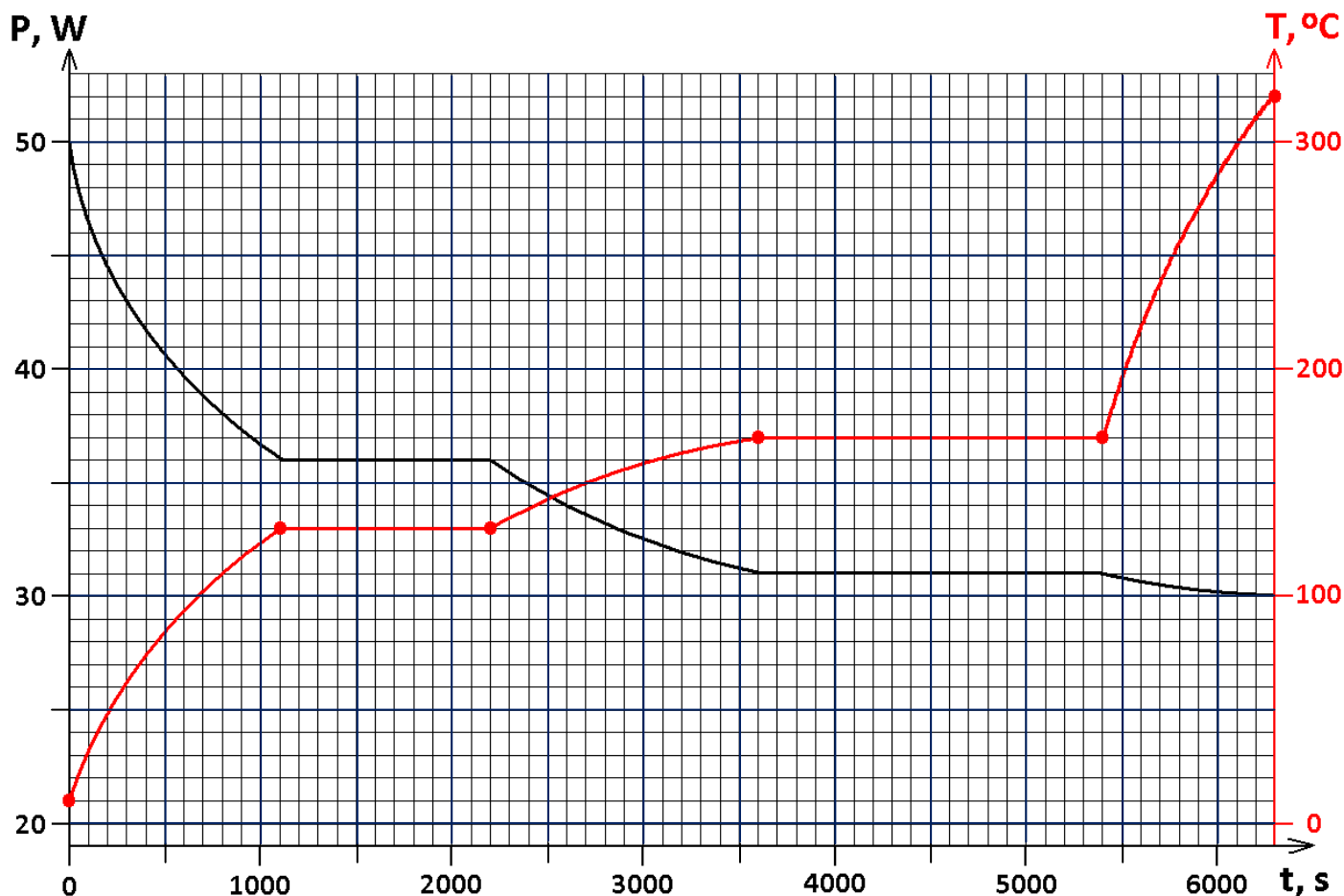


H



## 11 – 2 Sildītājs

Vienā kilogramā nezināmas dielektriskas vielas iekausēts maziņš elektriskais sildītājs, kura pretestība eksperimenta sākumā ir  $2\Omega$  un tas pieslēgts sprieguma avotam (tas nodrošina nemainīgu spriegumu visā eksperimenta laikā). Viela atrodas absolūti elastīgā kapsulā (var mainīt tilpumu, nemainoties spiedienam). Pieņemsim, ka viela ir absolūti siltumvadoša un kapsula absolūti siltumizolējoša. Grafikā attēlota elektriskā sildītāja jaudas (melnā līkne) un vielas temperatūras (sarkanā līkne) atkarība no laika. Pēti grafiku, nosaki vai aprēķini prasīto!



1. Siltuma daudzuma pievadīšanas ātrums vielai (1 p)

- nepārtraukti palielinās
- nepārtraukti samazinās
- nemainās
- dažos laika posmos palielinās, bet dažos samazinās
- dažos laika posmos samazinās, bet dažos nemainās

2. Materiāls, no kura varētu būt izgatavots sildītājs, ir (1 p)

- grafijs
- silīcijs
- dzelzs
- ogle
- elektrolīts kapsulā

3. Cik liels ir sildītāja strāvas stiprums eksperimenta sākumā? (1 p)  $I = \dots$  A
4. Cik liels ir sildītāja spriegums eksperimenta beigās? (1 p)  $U = \dots$  V
5. Cik reižu ir mainījusies sildītāja elektriskā pretestība eksperimenta beigās salīdzinājumā ar eksperimenta sākumu? (1 p)  $R_b/R_s = \dots$
6. Cik liela ir vielas vārīšanās temperatūra? (1 p)  $T = \dots$  °C
7. Cik ilgi vismaz daļa no vielas atrodas šķidrā stāvoklī? (1 p)  $t = \dots$  s
8. Cik liela ir vielas īpatnējā siltumietilpība vielas cietā stāvoklī? (1 p)  $c_c = \dots$  J/(kg·K)
9. Cik liels ir vielas īpatnējais iztvaikošanas siltums? (1 p)  $L = \dots$  J/kg
10. Cik liels ir vielai kopējais pievadītais siltuma daudzums visa eksperimenta laikā? (1 p)  $Q = \dots$  J

### 11 –3 Trīs zvaigznes

Kādas zvaigznes masa ir  $M$ , tik liela, ka  $GM = 1,00 \times 10^{20} \frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}$ , kur  $G$  ir gravitācijas konstante. Planētas A masa  $m_A = 2,00 \times 10^{20}$  kg.

Kad planēta A orbītā atrodas vistālāk no zvaigznes,  $r = 2,00 \times 10^7$  km un planētas ātrums ir  $v = 50,0$  km/s.

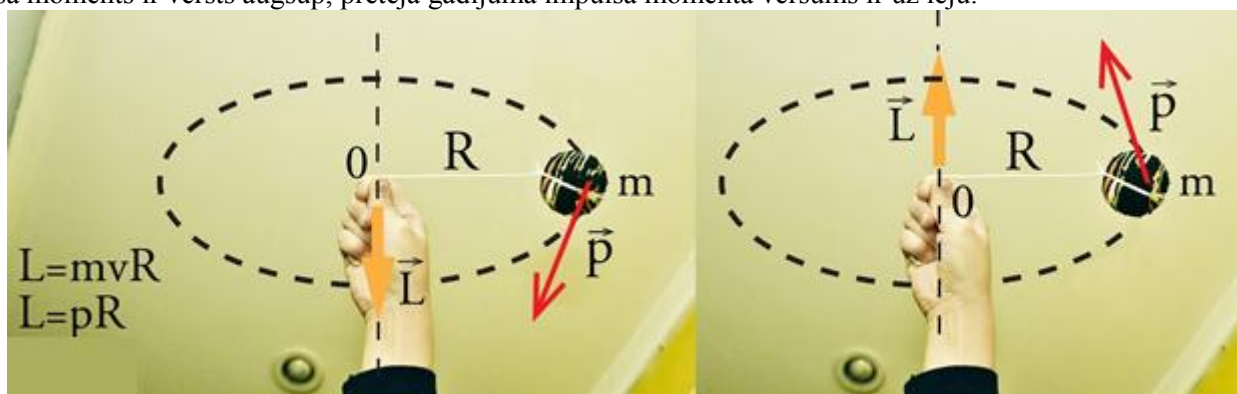
Potenciālā enerģija gravitācijas laukā ir  $U = -G \frac{Mm}{r}$

1. Planēta A, riņķojot ap zvaigzni, nonākusi vistālāk no zvaigznes.

A Cik liela ir planētas kinētiskā enerģija? (1 p)  $E_k = \dots$  J

B Cik liela ir planētas potenciālā enerģija? (1 p)  $U = \dots$  J

Rotācijas kustības analizēšanai izmanto impulsa momentu  $L$ . Ja impulss ir vērsts pret pulksteņa rādītāja virzienu, tad impulsa moments ir vērsts augšup, pretējā gadījumā impulsa momenta vērsums ir uz leju.



Attēls no fizmix.lv.

Rotējoši ķermeņi ir pakļauti impulsa momenta nezūdamības likumam: ja ķermenis rotē un uz to nedarbojas spēka moments, tad impulsa moments nemainās jeb  $L = mvR = \text{const}$ .  $[L] = \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}}$

2. Aprēķini planētas impulsa momentu  $L$  kustībā ap zvaigzni. (1 p)  $L = \dots$  (kg·m)/s

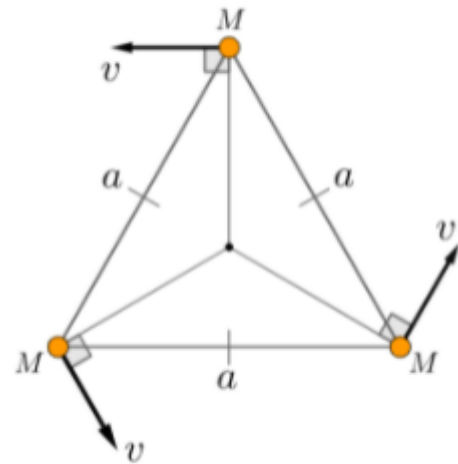
Planēta B riņķo orbītā ap to pašu zvaigzni. Kad planēta atrodas vistuvāk zvaigznei, attālums starp planētu un zvaigzni ir  $r_{\min} = 3 \times 10^{10}$  m. Planētas B masa  $m_B = m_A = 2 \cdot 10^{20}$  kg, pilnā mehāniskā enerģija  $E = -2,50 \times 10^{29}$  J un impulsa moments  $L_B$  ir tik liels, ka  $L_B^2 = 15,0 \times 10^{70} \frac{\text{kg}^2 \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$

3. Aprēķini planētas B maksimālo attālumu no zvaigznes. (1 p)  $r_{\max} = \dots$  m

4. Cik liels ir planētas B maksimālais ātrums turpmākās kustības laikā? (1 p)  $v_{\max} = \dots$  km/s

Trīs vienādas zvaigznes, kuru masas ir  $M = 8,99 \times 10^{29}$  kg veido vienādmalu trijstūri ar malas garumu  $a = 3,00 \times 10^9$  m. Kādā brīdī visām zvaigznēm ir vienāds ātrums  $v$ , kas vērsts perpendikulāri staram no trijstūra centra uz zvaigzni (skat. attēlu). Gravitācijas konstante  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  (N·m<sup>2</sup>)/kg<sup>2</sup>

5. Spēks, kas darbojas uz jebkuru no zvaigznēm visu laiku, ir tikpat liels, kādu radītu nekustīga masa  $\mu$  trijstūra centrā, ja pārējo divu zvaigžņu nebūtu. Aprēķini  $\frac{\mu}{M} = \dots$ . (1 p)



6. Cik lielam ir jābūt zvaigžņu sākotnējam ātrumam  $v = v_r$ , lai zvaigžņu veidotais trijstūris nemainītu savu izmēru? (1 p)  $v_r = \dots$  km/s

7. Aprēķini šo zvaigžņu sistēmas kopējo potenciālo enerģiju. (1 p)  $U = \dots$  J

8. Aprēķini mazāko iespējamo zvaigžņu sākuma ātrumu  $v = v_e$ , kas garantē, ka trīsstūris izpletīsies bezgalīgi liels. (1 p)  $v_e = \dots$  km/s

9. Pieņemsim, ka  $v_r < v < v_e$ . Turpmākajā zvaigžņu kustībā mazākais un lielākais attālums starp divām zvaigznēm ir attiecīgi  $a_{\min}$  un  $a_{\max}$ . Kuras no dotajām sakarībām ir patiesas? Katras zvaigznes kustība ap kopējo masas centru ir tāda pati, kā būtu, ja zvaigzne rotētu ap nekustīgu masu zvaigžņu sistēmas centrā.

(1 p)

- A  $a_{\min} = 0$
- B  $a_{\min} < 0$
- C  $a_{\min} = a$
- D  $a_{\max} = a$
- E  $a_{\max} > a$
- F  $a_{\max} \rightarrow \infty$