

8.3.2.1./16/I/002

NACIONĀLA UN STARPTAUTISKA MĒROGA PASĀKUMU ĪSTENOŠANA IZGLĪTOJAMO TALANTU ATTĪSTĪBAI  
Strūgu iela 4, Rīga, LV-1003, tālr. 67350966, e-pasts: [info@832.visc.gov.lv](mailto:info@832.visc.gov.lv)

## Fizikas valsts 73. olimpiāde

### Otrā posma uzdevumi 12. klasei

#### 12 – 1 Njosas ezera mīkla

1986. gada 21. augusta naktī Njosas ezera krastos Kamerūnā pēkšņi gāja bojā vairāk nekā 1700 cilvēku, kā arī daudzi lopu un putni. Visas pazīmes liecināja, ka bojā gājušie ir nosmakuši miegā. Galvenais aizdomās turamais bija pats ezers. Precīzāk – tajā uzkrājies un pēkšņi atbrīvojies oglekļa dioksīds.

Lai izprastu notikušā cēloņus, noderēs Henrija likums, kas apraksta gāzu šķīdību. Tas nosaka, ka līdzsvara gadījumā izšķīdušās gāzes koncentrācija šķīdumā ir proporcionāla gāzes parciālajam spiedienam  $p_g$ , proti,  $C_g = Kp_g$ , kur  $C_g$  ir gāzes koncentrācija, izteikta molos uz litru, un  $K$  – konstante, kas atkarīga no gāzes un šķīduma īpašībām, temperatūras un citiem faktoriem. Šajā uzdevumā viscaur pieņemsim, ka gāzēm var pielietot ideālās gāzes likumsakarības, bet virsmas spraigumu efektus (tai skaitā – gāzes burbuļu liektās virsmas radīto papildspiedienu uz gāzi) neievērosim. Spiediena vērtības ir izteiktas atmosfērās spiediena vienībās ( $1 \text{ atm} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ).

Ūdens blīvums ir  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Brīvās krišanas paātrinājums ir  $9,8 \text{ m/s}^2$ . 1 mols jebkuras gāzes normālos apstākļos ieņem 22,4 l.



Att.1: Njosas ezers 8 dienas pēc katastrofas

1. Novērtējiet konstantes  $K$  vērtību ogļskābai gāzei, zinot, ka gāzētā dzēriena pudelē gāzes spiediens ir aptuveni  $3 \text{ atm}$ , un vienā litrā dzēriena izšķīst tāds ogļskābās gāzes daudzums, kas normālos apstākļos aizņemtu  $3 \text{ litrus}$ .

**A**  $\text{CO}_2$  koncentrācija dzērienā  $C_g$  ir ..... mol/l (**1 p**)

**B** Konstantes  $K$  vērtība ir ..... mol/(l × atm) (**1 p**)

2. Pieņemot, ka  $K$  vērtība ir  $0,033 \text{ mol}/(l \times \text{atm})$  (šī vērtība var atšķirties no iepriekšējā punktā atrastās), un zinot, ka  $\text{CO}_2$  daudzums atmosfērā ir aptuveni  $0,04\%$  no kopējā vielas daudzuma,  $\text{CO}_2$  koncentrācija ezera virsējos ūdens slāņos līdzsvara gadījumā ir .....  $\text{mol}/l$ .

*Piezīme:* ezera virsmas tuvumā notiek gāzes apmaiņa ar atmosfēru, līdz ar to  $\text{CO}_2$  līdzsvara koncentrācija ūdenī atkarīga tikai no  $\text{CO}_2$  parciālā spiediena gaisā. (1 p)

3. Tiek uzskatīts, kas Njosas ezerā ogļskābā gāze uzkrājas vulkāniskās darbības rezultātā. Pieņemot, ka  $K$  vērtība ir  $0,033 \text{ mol}/(l \times \text{atm})$  un nav atkarīga no spiediena, un ka pie ezera dibena vienīgā gāze kontaktā ar ūdeni ir  $\text{CO}_2$ , atrodiat maksimālo iespējamo izšķīdušā  $\text{CO}_2$  koncentrāciju ezera dibena tuvumā, ja Njosas ezera vidējais dziļums ir  $95 \text{ m}$ .

**A** Kopējais spiediens ezera dziļumā ir .... atm (1 p)

**B** Maksimālā izšķīdušā  $\text{CO}_2$  koncentrācija ir  $C_1$  ....  $\text{mol}/l$  (1 p)

4. Cik liels  $\text{CO}_2$  tilpums atbrīvosies, ja ezera ūdens samaisīsies, kā rezultātā **vienu metru** biezs dziļākais ūdens slānis nonāks ezera virspusē? Pieņemot, ka ezera dziļums viscaur vienāds ar vidējo dziļumu ( $95 \text{ m}$ ), un ūdens pirms samaisīšanās ir pilnībā piesātināts ar  $\text{CO}_2$ . Njosas ezera virsmas laukums  $1,58 \text{ km}^2$ . Šajā gadījumā izdalīsies ...  $\text{km}^3 \text{ CO}_2$ . (1 p)

5. Ja  $\text{CO}_2$  koncentrācija sasniedz maksimālo iespējamo vērtību, bet  $\text{CO}_2$  pieplūde ezera dziļākiem slāņiem turpinās, tad (1 p)

- Jaunpienākušās  $\text{CO}_2$  molekulas ar ūdeni nekādi nemijiedarbosies un palielinās spiedienu gāzes fāzē.
- $\text{CO}_2$  turpinās neierobežoti šķīst ūdenī, veidojot pārsātinātu šķīdumu.
- $\text{CO}_2$  varētu īslaicīgi turpināt šķīst ūdenī, veidojot pārsātinātu šķīdumu, bet galu galā izdalīsies ūdenī gāzes burbuļu veidā.
- $\text{CO}_2$  veidos nešķīstošu savienojumu un nogulsnēsies ezera dibenā.

6. Zināms, ka ūdens blīvums nedaudz palielinās, palielinoties tajā izšķīdušā  $\text{CO}_2$  daudzumam. No otras puses, gāzes burbuļu veidošanās samazina ūdens vidējo blīvumu. Aplūkosim ūdens slāni, kas atrodas pie ezera dibena un ir pilnībā piesātināts ar  $\text{CO}_2$ . Kas notiks, ja ūdens no šī slāņa ezera samaisīšanās rezultātā nonāk nedaudz tuvāk ezera virsmai? (1 p)

- Ogļskābās gāzes koncentrācijā ūdenī samazināsies, gāze izdalīsies burbuļu veidā, tādēļ ūdens sāks arvien straujāk grimt.
- Ogļskābās gāzes koncentrācijā ūdenī palielināsies, gāzes burbuļi neveidosies, tādēļ ūdens sāks arvien straujāk grimt.
- Ogļskābās gāzes koncentrācijā ūdenī samazināsies, gāze izdalīsies burbuļu veidā, tādēļ ūdens sāks arvien straujāk uzpeldēt.
- Ogļskābās gāzes koncentrācijā ūdenī palielināsies, gāzes burbuļi neveidosies, tādēļ ūdens sāks arvien straujāk uzpeldēt.
- Ogļskābās gāzes koncentrācijā ūdenī nemainīsies, gāzes burbuļi neveidosies, ūdens sāks arvien straujāk uzpeldēt.

7. Lai novērstu līdzīgu katastrofu atkārtosanos, ezera ūdeni var atgāzēt, uzmanīgi izpumpējot nelielus ūdens daudzumus no ezera dziļākiem slāņiem virspusē, ļaujot gāzei izdalīties, un ievadot ūdeni atpakaļ ezerā. Līdz ar drošības palielināšanu, šai pieejai ir arī ekonomiskas priekšrocības: nereti kopā ar  $\text{CO}_2$  šādu ezeru dibenos atrodas arī metāns, kas veidojies vulkānisku un bioloģisku procesu rezultātā. No ezera dzelmes iegūto metānu var izmantot kā enerģijas avotu.

Kopš 2016. gada šo metodi izmanto Kivu ezerā Centrālāfrikā, un tā nodrošina pietiekami daudz enerģijas, lai nosegtu 10% no Ruandas kopējā elektrības patēriņa. Speciāla barža izsūknē ūdeni, kas piesātināts ar CO<sub>2</sub> un metānu no 355 m dziļuma. Pieņemot, ka 355 m dziļumā ūdens ir pilnībā piesātināts ar CO<sub>2</sub> un metānu, un ka ezera dzelmē parciālie CO<sub>2</sub> un CH<sub>4</sub> spiedieni ir vienādi, uzsūknējot ūdeni ezera virsmas tuvumā, no ūdens izdalīsies CO<sub>2</sub> un CH<sub>4</sub> gāzu maisījums, kurā CH<sub>4</sub> veidos ...% no kopējā gāzu daudzuma. Pieņemot, ka  $K$  konstantes vērtības ir  $K_{CO_2} = 0.033 \text{ mol} / (l \times \text{atm})$ , bet metānam  $K_{CH_4} = 0.0014 \text{ mol} / (l \times \text{atm})$ . (1 p)

8. Lai palielinātu metāna daudzumu gāzu maisījumā, ezera virsmas tuvumā izsūknētais ūdens un gāzes maisījums tiek skalots ar tīru ūdeni. Tā kā CO<sub>2</sub> šķīdība ūdenī ir lielāka nekā metānam ( $K_{CO_2} > K_{CH_4}$ ), tīrajā ūdenī izšķīdīs vairāk CO<sub>2</sub> nekā CH<sub>4</sub>, līdz ar to CH<sub>4</sub> koncentrācija gāzes fāzē palielināsies. Šo skalošanu atkārtojot atkal un atkal, maksimālā iegūstamā CH<sub>4</sub> koncentrācija kopējā gāzu maisījumā ir .... %. Pieņemot, ka  $K$  konstantes vērtības ir  $K_{CO_2} = 0.033 \text{ mol} / (l \times \text{atm})$ , bet metānam  $K_{CH_4} = 0.0014 \text{ mol} / (l \times \text{atm})$ . Gāzes kopējais spiediens nemainās un ir vienāds ar atmosfēras spiedienu. (1 p)

## 12 – 2 Ceļamkrāns

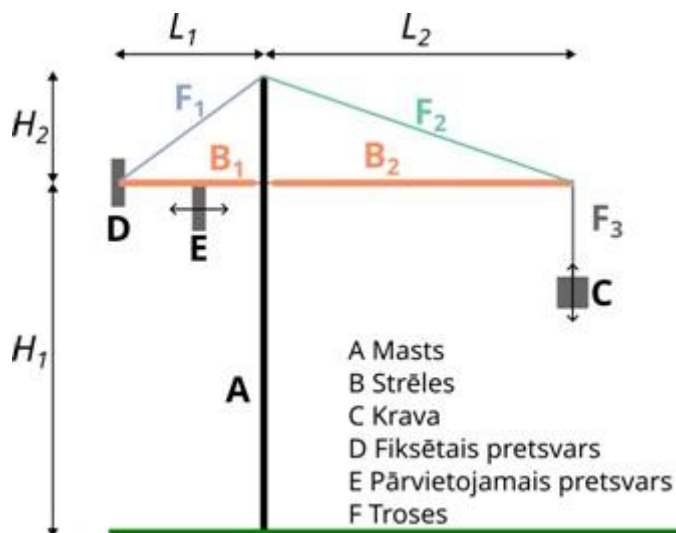
Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.



Attēla avots: <https://www.krollcranes.dk/media/k-10000.pdf>

Šajā uzdevumā aplūkosim smagu priekšmetu pārvietošanu ar ceļamkrānu Kröll K10000, kas ir viens no lielākajiem pasaulē. Ceļamkrāns sastāv no pamatnē nostiprināta vertikāla masta (A), pie kā piestiprināta horizontāla strēle, skat. zīmējumu. Katra strēles daļa (B1, B2) ir piestiprināta pie masta ar savu trosi (F1, F2). Labās strēles galā ir pie troses (F3) piestiprināts āķis kravas (C) satveršanai un pacelšanai. Kreisās strēles galā atrodas fiksētais (D) un pārvietojamais (E) pretsvars, kas izgatavoti no betona.

Augstums  $H_1 = 85$  m,  $H_2 = 25$  m, strēles garumi  $L_1 = 56$  m,  $L_2 = 80$  m, fiksētā pretsvara masa  $m_f = 104$  t (tonnas), pārvietojamā pretsvara masa  $m_p = 120$  t.



Ja vien nav pateikts savādāk, strēles masu neievērot. Risinot uzdevumu, pieņemt, ka pretsvari ir materiāli punkti. Brīvās krišanas paātrinājums  $g = 9.8$  m/s<sup>2</sup>.

1. Cik lielu spēka momentu attiecībā pret pamatni ir jāiztur nenoslogotam ceļamkrānam, ja pārvietojamais pretsvars ir pārbīdīts uz iekšpusi (pie masta)? (1 p)

$M = \dots$  Nm

2. Viena pretsvara betona bloka izmērs ir  $2.4 \times 3.4 \times 0.4$  m, betona blīvums  $\rho = 2450$  kg/m<sup>3</sup>. Aprēķināt, cik pavisam šādu pretsvara bloku ir ceļamkrānā. (0.5 p)

3. Kreisās strēles pārvietojamais pretsvars ir pārvietots uz ārpusi. Aprēķināt sastiepuma spēku atbalsta trosē  $F$ , kas vajadzīgs, lai noturētu strēli šajā situācijā. Kreisā strēle var brīvi rotēt ap tās savienojuma vietu ar mastu (neatkarīgi no labās strēles). (1 p)

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

4. Abu strēles daļu pilnā masa  $m_s = 136 \text{ t}$  ir vienmērīgi sadalīta visā strēles garumā. Cik lielā attālumā no masta atrodas strēles masas centrs? Aprēķināt kreisās strēles masu (bez pretsvariem). (0.5 + 0.5 p)

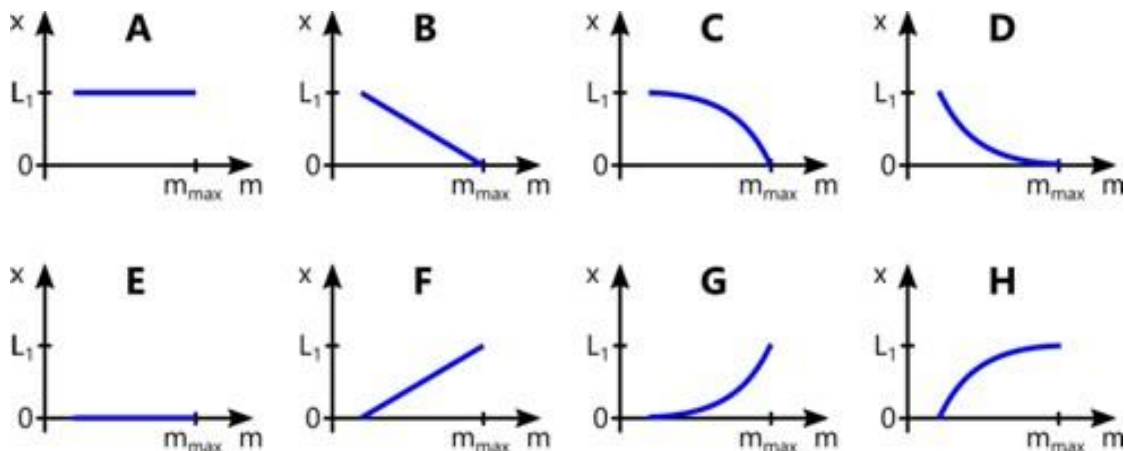
$$x = \dots \text{ m}$$

$$m_k = \dots \text{ t}$$

5. Cik smagu kravu krāns var maksimāli pacelt, atrodoties līdzsvarā (tā, lai uz pamatni nedarbotos spēka moments)? (1 p)

$$m_c = \dots \text{ t}$$

6. Kā jāpārvieto pretsvars atkarībā no paceļamās kravas masas  $m$ , lai krāns atrastos līdzsvarā?  $x$  apzīmē pārvietojamā pretsvara attālumu no masta. (1 p)



7. Aprēķināt minimālo troses diametru, kāds jāizmanto, lai paceltu kravu ar masu  $M = 120 \text{ t}$  (atšķiras no iepriekš aprēķinātās). Trose izgatavota no tērauda ar maksimāli pieļaujamo spriegumu  $100 \text{ MPa}$ . (1 p)

$$d = \dots \text{ cm}$$

8. Krāns ceļ kravu no zemes līdz maksimālajam augstumam  $H_1$ . Kravas masa  $M = 15 \text{ t}$ , pacelšanas ātrums  $v = 50 \text{ m/min}$ . Cik ilgu laiku tas aizņems? Aprēķināt lietderīgo krāna jaudu šajā procesā. (0.5 + 0.5 p)

$$t = \dots \text{ s}$$

$$P = \dots \text{ kW}$$

9. Krāns var griezties ap pamatni ar leņķisko ātrumu  $\omega = 0.04 \text{ rad/s}$ . Cik ilgā laikā tas veiks vienu pilnu apgriezību? Aprēķināt, par cik lielu leņķi no vertikāles novirzīsies pie labās strēles piekārtā krava, ja troses garums  $L = 10 \text{ m}$ . (0.5 p + 1 p)

$$t = \dots \text{ s}$$

$$\alpha = \dots ^\circ$$

10. Par cik procentiem izmainās brīvās krišanas paātrinājums augstumā  $H_1$ , salīdzinot ar vērtību pie Zemes virsmas? Zemes rādiuss  $R = 6400 \text{ km}$ . (1 p)

$$\dots \%$$

## 12 – 3 Asteroīds

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

2022. gada septembrī veiksmīgi beidzās Double Asteroid Redirection Test jeb DART misija, kuras mērķis bija testēt iespēju aizsargāt mūsu planētu no tuvu lidojošiem kosmiskajiem objektiem, laicīgi nedaudz mainot to orbītu. Kā mērķis tika izmantota dubultās asteroīdu sistēmas 65803 Didimoss mazākais asteroīds Dimorfs. Dimorfa orbītas rādiuss ir apmēram **1.19 km**, pārējie sistēmas parametri doti tabulā.

	Diametrs, m	Masa, kg
Didimoss	780	$528 \cdot 10^9$
Dimorfs	160	$4.8 \cdot 10^9$

Lai nogādātu kosmisko pavadoni DART līdz asteroīdu sistēmai, tas tika palaists pa trajektoriju, kas līdzinās eliptiskai orbītai ap Zemi.

1. Pieņemot, ka pavadonis DART nonāca eliptiskā orbītā ap Zemi, kur tuvākajā punktā Zemei tas atradās **7000 km** attālumā no Zemes centra un kustējās ar ātrumu **10.62 km/s** un tālākajā punktā no Zemes tas atradās  **$7.19 \cdot 10^5$  km** attālumā. Cik liela bija tā ātruma absolūtā vērtība šajā punktā attiecībā pret Zemi?

**(1 p)**

$$|v_1| = \dots \text{ km/s}$$

Pavadonis DART, kura masa ir **370 kg**, aprīkots ar jonu dzinēju, kas, izmantojot ar solārajiem paneļiem iegūto enerģiju, vienas sekundes laikā izšauj  **$2,72 \cdot 10^{19}$**  ksenona jonus ar masu **131,29** atommasas vienības, piešķirot tiem ātrumu **40 km/s** attiecībā pret pavadoni. Atommasas vienība  **$u = 1,66 \cdot 10^{-27}$  kg**. Elementārlādiņš  **$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C**.

2. Cik liela ir viena jona kinētiskā enerģija, kad tas pamet dzinēju? **(1 p)**

$$E_k = \dots \text{ J}$$

3. Cik lielai jābūt potenciālu starpībai dzinējā, lai jonu paātrinātu līdz šādam ātrumam, pieņemot, ka jona lādiņš ir **+e**? **(1 p)**

$$U = \dots \text{ V}$$

Pieņemsim, ka, tuvojoties asteroīdu sistēmai 65803 Didimoss, pavadonis DART ieslēdza jonu dzinēju, izšaujot jonus pretēji kustības virzienam, lai palielinātu savu ātrumu.

4. Cik liela ir dzinēja radītā spēka uz pavadoni absolūtā vērtība? **(1 p)**

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

5. Cik lielu pavadoņa ātruma absolūtās vērtības izmaiņu radītu tā dzinējs, ja to darbinātu **10 dienas**? Šajā apakšpunktā neņem vērā ātruma izmaiņas, kuras rada gravitācijas spēka veiktais darbs. **(1 p)**

$$\Delta v_k = \dots \text{ m/s}$$

Asteroīds Dimorfs sastāv no akmeņiem, kurus kopā satur vājš spēks. Šī iemesla dēļ, asteroīdam saduroties ar pavadoni DART, daļa akmeņu tika izmesta no asteroīda virsmas. Turpmāk apskatīsim vienkāršotu situāciju, kurā pieņemsim, ka asteroīds ir viendabīgs ķermenis un sadursmes rezultātā akmeņi netiek izmesti no asteroīda virsmas.

Kad pavadonis nonāca līdz asteroīdu sistēmai, tā ātruma absolūtā vērtība bija **10,2 km/s** attiecībā pret asteroīdu Didimoss, tas lidoja tieši pretī Dimorfam un sadūrās ar to. Tieši pirms sadursmes pavadoņa ātrums bija vērsts pretēji Dimorfa ātrumam.

**6.** Pieņemot, ka Dimorfs atradās riņķveida orbītā ap asteroīdu Didimoss, cik liela bija tā ātruma absolūtā vērtība attiecībā pret asteroīdu Didimoss pirms sadursmes? **(1 p)**

$$v = \dots \text{ m/s}$$

Pieņemsim, ka Dimorfa ātruma vērtība pirms sadursmes bija 0.20 m/s (vērtība atšķiras no iepriekšējā jautājumā aprēķinātās).

**7.** Cik liela būtu Dimorfa ātruma absolūtās vērtības izmaiņa, uzskatot sadursmi par absolūti neelastīgu? **(1 p)**

$$\Delta v = \dots \text{ m/s}$$

**8.** Cik liels siltuma daudzums izdalītos šādas sadursmes rezultātā? **(1 p)**

$$Q = \dots \text{ J}$$

**9.** Pieņemot, ka pirms sadursmes Dimorfs atradās riņķveida orbītā ap Didimosu, kāda ir Dimorfa orbītas forma pēc sadursmes? **(1 p)**

- Riņķveida ar tādu pašu rādiusu kā sākumā
- Riņķveida ar mazāku rādiusu nekā sākuma
- Eliptiska
- Nav iespējams noteikt

**10.** Kā mainīsies Dimorfa orbītas periods, pieņemot, ka tas nokļūst eliptiskā orbītā (var nesakrist ar iepriekšējā jautājuma atbildi), kuras lielā pusass ir mazāka par sākotnējās orbītas rādiusu? **(1 p)**

- Palielināsies
- Samazināsies
- Nemainīsies
- Nav iespējams pateikt