

1. FOTONU RAĶETE (5 punkti) — *Jaan Kalda, Oskar Vallhagen.* Apskatīsim hipotētisku starpzvaigžņu ceļošanu ar fotoniem darbinātu kosmosa kuģi, kura sākotnējā miera masa $M = 1 \times 10^5 \text{ kg}$. Uz kuģa esošā degviela (antimatērija) tiek anihilēta ar tādas pašas masas matēriju, radot fotonu plūsmu, kas kalpo par reaktīvu spēku. Anihilācijai nepieciešamā matērija tiek savākta no ļoti retinātas plazmas, kas atrodama starpzvaigžņu telpā (pieņem, ka šīs plazma ir nekustīga atskaites sistēmā, kas saistīta ar Zemi). Gaismas ātrums $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

i) (1 punkts) Kādam būtu jābūt sākotnējam antimatērijas patēriņam μ (kg/s), lai fotonu dzinēja radītais paātrinājums būtu vienāds ar Zemes brīvās krišanas paātrinājumu tās virsmas tuvumā ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)?

ii) (3 punkti) Brīdī, kad kosmosa kuģa miera masa ir samazinājusies $m_f = M/10$, tiek izslēgts tā dzinējs. Kāds ir kosmosa kuģa saņiegtais ātrums šajā brīdī?

iii) (1 punkts) Uz Zemes esošs novērotājs mēra kuģa dzinēja emitēto fotonu frekvenci. Kāda ir frekvence pēdējiem emitētajiem fotoniem (brīdī tieši pirms tika izslēgts dzinējs), mērot no Zemes, ja atskaites sistēmā, kas saistīta ar kosmosa kuģi, emitēto fotonu frekvence ir nemainīga un vienāda ar f_0 ?

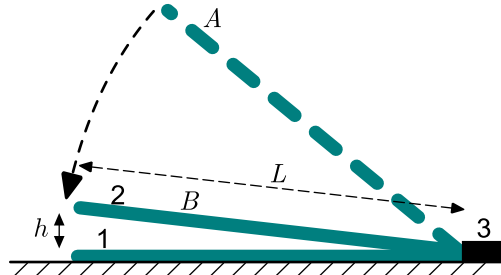
renewcommand\Jaun Kaldā, Oskar Vallhagen\Jaun Kaldā, Pāivo Simson

2. GĀZES UZ ŠĶIDRUMA PLŪSMAS (10 punkti) — *Jaan Kalda, Oskar Vallhagen.*

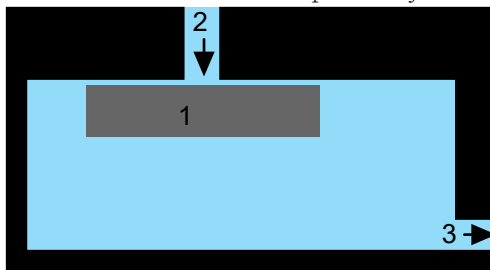
i) (1 punkts) Ja gludai stikla plāksnei ļauj nokrist uz otras tādas pašas plāksnes, tā nespālisīs un tā vietā maigi apstāsies. Attēlā redzama uz zemes novietota plāksne (atzīmēta ar '1'), kurai virsū krīt cita stikla plāksne (atzīmēta ar '2'), kamēr neliels izcilnis (atzīmēts ar '3') novietots, lai nepieļautu slidēšanu. Krītošā plāksne sāk savu kustību no pozīcijas **A** un pēc kāda laika tā nonāk pozīcijā **B**, kas ir ļoti nelielā attālumā $h = h_0$ no gulošās plāksnes. Tāpat punktā **B** krītošās plāksnes leņķiskais ātrums ir ω_0 . Kāds ir gaisa kustības ātrums starp plāksnēm vistuvāk kreisajai ma-

lai?

ii) (2,5 punkti) Stikla plāksnes platums ir $L \gg h_0$, biezums $t \ll L$, blīvums ρ_g un tās garums (virzienā, kas vērsts lapā iekšā) ir daudz lielāks nekā L . Kā stikla plāksnes leņķiskais ātrums ir atkarīgs no h tās kustības laikā, ja gaisa blīvums ir ρ_a ? Neņem vērā ar gravitāciju, viskozitāti un saspiēzamību saistītos efektus gaisam. Pieņem, ka gaisa plūsma visos punktos ir lamināra.



iii) (3 punkti) Cilindriskis akmens disks (attēlā apzīmēts ar '1') ar rādiusu R , biezumu h un blīvumu ρ_s tiek spiests pret griestiem traukam, kas pildīts ar ūdeni, kura blīvums ir ρ_w . Mazi nelīdzenumi uz griestu virsmas ļauj saglabāt nelielu atstatumu $t \ll R$ starp disku un griestiem. Pa cauruli (apzīmēta ar '2'); izplūdes caurule '3' atrodas tālu prom) ar rādiusu $r \ll R$ plūst ūdens, kurš pēc tam koaksiāli (starp disku un griestiem) ieplūst traukā (skatīt attēlā). Caurules rādiuss ir daudz lielāks nekā atstarpe starp disku un griestiem ($r \gg t$). Kādi būtu jābūt masas plūsmas ātrumam μ (kg/s) no caurules, lai neļautu diskam nokrist? Brīvās krišanas paātrinājums ir g .



iv) (0,5 punkti) Tvaika turbīnas tiek plaši izmantotas spēkstacijās. Atbilstoši vienkāršotam modelim, ūdens tiek vārits temperatūrā $t_t = 180^\circ\text{C}$ pie spiediena $p_t = 1 \times 10^6 \text{ Pa}$ (īstām tvaika turbīnām var būt daudz lielāki spiedieni nekā uzdevumā norādītais). Radītais

ūdens tvaiks izplūst caur sienā izveidotu cilindrisku kanālu ar šķērsriezuma laukumu $A = 1 \text{ cm}^2$; apkārtējās vides gaisa spiediens $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$. Nosaki entropijas starpību ΔS starp vienu molu ūdens tvaiku un vienu molu šķidra ūdens (molmasa $M = 18 \text{ g/mol}$, īpatnējais iztvaikošanas siltums pie 100°C : $L = 2,3 \text{ MJ/kg}$) izplūstošajā strūklā.

v) (3 punkti) Nosaki masas plūsmas ātrumu μ radītajai tvaika strūklai, kā arī relatīvo masas daļu r ūdenim šķidrā fāzē dotajā strūklā. Pieņem, ka, plūstot iekšā kanālā, kā arī tā iekšpusē, ūdens tvaiku izplešanās ir atgriezeniska (t.i. siltuma vadītspēja var tikt neņemta vērā, kā arī var uzskatīt, ka vienmēr saglabājas līdzsvars starp šķidro un gāzveida fāzi ūdenim); ūdens tvaiku adiabatās radītājs ir $\gamma = 4/3$.

3. ROTĒJOŠĀ KOSMISKĀ STACIJA (13 punkti) — *Jaan Kalda, Kaarel Hänni.* Ģeostacionārā orbītā atrodas cilindriskas formas kosmosa stacija, kuras garums $L = 100 \text{ km}$ un rādiuss $R = 1 \text{ km}$. Tā ir piepildīta ar gaisu (molmasa $M = 29 \text{ g/mol}$) atmosfēras spiedienā un temperatūru $T = 295 \text{ K}$. Kosmiskās stacijas sienas tajā dzīvojošajiem cilvēkiem kalpo par "zemi". Stacija rotē ap savu asi tā, lai radītu tādu pašu paātrinājumu pret "zemi" kā brīvās krišanas paātrinājums uz Zemes $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

i) (0,5 punkti) Kāds ir stacijas rotācijas periods τ ap savu asi?

ii) (2 punkti) Bumba tiek mesta no noteikta punkta uz "zemes" un noķerta tajā pašā vietā pēc laika $t = \tau/2$. Kāds ir ātrums, ar kādu tika izsviesta bumba? Neņem vērā gaisa pretestības spēku.

iii) (2 punkti) Sfēriskis balons ar rādiusu $r = 3 \text{ m}$ tiek piepildīts ar hēliju (molmasa $M' = 4 \text{ g/mol}$), lai varētu to izmantot priekšmeta ar nezināmu masu m pacelšanai. Priekšmets tiek piestiprināts pie balona ar vieglu auklu, kuras garums $L = 20 \text{ m}$, un tad tiek ļauts sistēmai pacelties, līdz tā apstājas noteiktā augstumā $H = 500 \text{ m}$ no "zemes" virsmas. Nosaki iekārtā priekšmeta masu m .

Trose ar lineārās masas blīvumu $\lambda = 1 \text{ kg/m}$ tiek piestiprināta pie "zemes" divos diametrāli pretējos cilindra punktos (kopējais attālums starp abiem punktiem ir $2R$). Ar **A**,

B, un **C** tiek attiecīgi apzīmēti abi troses piestiprināšanas punkti un tās viduspunkts.

iv) (1,5 punkti) Pieņemot, ka punkta **C** augstums virs "zemes" ir h , nosaki troses sastiepuma spēku starpību $T_A - T_C$ starp punktiem **A** and **C**.

v) (1,5 punkti) Pieņemot, ka punktā **A** trose saskaras ar "zemi" leņķī α , nosaki troses sastiepuma spēku attiecību T_A/T_C .

vi) (1,5 punkti) Izmantojot aproksimāciju, ka auklas forma ir paraboliska, nosaki T_C , ja $h = 495 \text{ m}$.

vii) (2 punkti) Kosmosa stacijas metāliskajām sienām piemīt kopējais lādiņš Q . Stacijas iekšpusē atrodas uzlādēta lode, kura nekustīgi levitē virs "zemes". Nosaki lodes lādiņa attiecību pret masu q/m . Neņem vērā uzlādētās lodes radītos inducētā lādiņa efektus uz "zemes".

viii) (2 punkti) Gausa teorēma nosaka, ka $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = 0$, kur integrēts tiek pa visu slēgto virsmu, kas norobežo apgabalu ar tilpumu V bez lādiņiem tajā. Kā būtu jāmaina šī vienādība attiecībā pret novērotāju, kas atrodas stacijas iekšpusē, ja neeksistē citu lādiņu kā tikai kopējais lādiņš Q (vienmērīgi sadalīts pa stacijas perimetru)?

4. ELASTĪGIE CIMDI (8 punkti) — *Eero Uustalu.*

Piederumi Vismaz trīs pāri ar lieliem bezkrāsainiem (puscaurspīdīgiem) lateksa gumijas cimdiem; rullis ar caurspīdīgu izturīgu limlentu; asas šķēres; vismaz četras A4 (vai lielākas) lapas ar milimetru papīru; trīs lineāli; vismaz 1m gara elastīga mērlenta; universāls marķieris ar ļoti šauru galu. Gumijas cimdus var sagriezt sev nepieciešamās daļās. Nogrieztās daļas var piestiprināt pie darba galda vai nu pa tiešo ar limlentas palīdzību, un/vai izmantojot lineālu, lai panāktu stiprāku fiksāciju.

Latekss ir ļoti elastīgs materiāls. Var pieņemt, ka tā tilpums saglabājas nemainīgs, to staipot līdz pat pārraušanas brīdim.

Katram no apakšuzdevumiem uzzīmē savu eksperimentālo uzstādījumu, izskaidro soļus, kurus veici, lai panāktu labāko iespēja-

mo precizitāti, kā arī tabulētā veidā norādi savus mērījumus.

i) (1 punkts) Nosaki plānās lateksa gumijas maksimālo relatīvo deformāciju ϵ_m (relatīvā

deformācija pie kuras tā pārplīst). Relatīvā deformācija tiek definēta kā relatīvā garuma izmaiņa $\epsilon = (l - l_0)/l_0$, kur l un l_0 ir attiecīgi gumijas loksnes garums izstieptā un neiz-

stieptā veidā.

ii) (7 punkti) Nosaki un uzzīmē sprieguma un relatīvās deformācijas sakarību lateksa gumijas loksnei. Spriegums tiek definēts kā stie-

pes spēks pret šķērsgriezuma laukumu. Izsa-ki spriegumu σ relatīvās vienībās, normējot pret maksimālo spriegumu tās sabrukšanas brīdī.