

Ziemeļvalstu-Baltijas fizikas olimpiāde 2017

1. PŪĶIS (5 punkti) — Aigar Vaigu.

Šeit ir dota fotogrāfija ar pūķi zem ūdens (uz atsevišķas lapas ir lielāka fotogrāfija). Pūķa garums ir $l = 8\text{ cm}$ un augstums ir $h = 3\text{ cm}$. Bļodas dibena diametrs ir $d = 10\text{ cm}$ un leņķis starp galda virsmu un bļodas sānu virsmu ir $\alpha = 60^\circ$. Ūdens gaismas laušanas koeficients ir $n = 1.33$. Fotogrāfija tika iegūta fotografējot gar ūdens virsmu. Sekojošajos jautājumos leņķis ar horizontu kādam punktam pūķa fotogrāfijā tiek definēts, kā leņķis starp ūdens virsmu (vai jebkuru citu horizontālu virsmu) un līniju, kas savieno aci ar šo izvēlēto punktu.



i) (2 punkti) Cik liels ir lielākais leņķis zem horizonta, no kura vēl var redzēt pūķa atspīdumu no ūdens virsmas?

ii) (3 punkti) Cik liels ir augstākais leņķis virs horizonta, no kura vēl var redzēt atspīdumu?

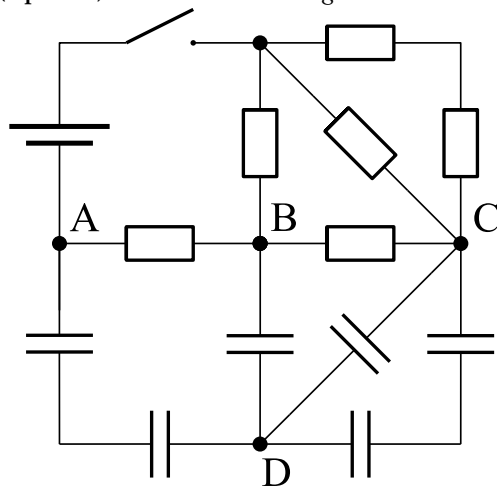
2. KOMĒTA (8 punkti) — Jaan Kalda.

Komētas orbīta krusto Zemes orbītu (ko var uzskatīt par riņķveida ar rādiusu $R_0 = 1,5 \times 10^8\text{ km}$) leņķī $\alpha = 45^\circ$. Komētas un Zemes orbītas atrodas vienā plaknē.

i) (3 punkti) Aprēķini komētas perihēlija P attālumu līdz Saulei R_{\min} (t.i. īsāko attālumu). Var pieņemt, ka komētas afēlija A attālumu līdz Saulei R_{\max} (t.i. lielākais attālums) ir daudz lielāks par R_0 .

ii) (5 punkti) Cik dienas t komētas attālums līdz Saulei būs mazāks par R_0 ?

3. REZISTORS UN KONDENSATORS (5 punkti) — Mihkel Heidelberg.



Ķēde sastāv no baterijas, slēdža, rezistoriem un kondensatoriem. Visu rezistoru pretestības ir R , visu kondensatoru kapacitātes ir C un baterijas spriegums ir U . Punkts A ir iezemēts, kā rezultātā tā potenciāls ir $0V$. Sākumā slēdzis ir atslēgts un visi kondensatori nav uzlādēti.

i) (2 punkti) Cik liels ir potenciāls punktos B un C, kad slēdzis tiek noslēgts un mēs pagaidām līdz potenciāli nostabilizējas.

ii) (3 punkti) Cik liels ir potenciāls punktā D, kad slēdzis tiek noslēgts un mēs pagaidām līdz potenciāli nostabilizējas.

4. GRAVITĀCIJAS VIĻŅI (7 punkti) — Artūrs Bērziņš.

Masu m_1 un m_2 , kas orbitē ap kopējo masas centru, gravitācijas viļņu veidā izdalīto jaudu aprēķina pēc formulas $P(r, m_1, m_2) = \frac{32}{5} \frac{G^4}{c^5} \frac{(m_1 m_2)^2 (m_1 + m_2)}{r^5}$, kur r ir attālums starp masu centriem. Ir zināms, ka objekti ar vislielāko blīvumu ir melnie caurumi. Melno caurumu izmēru definē Švarcsilda rādiuss $r_s = \frac{2Gm}{c^2}$, kur m ir melnā cauruma masa.

i) (2 punkti) Aprēķināt maksimāli iespējamo izdalīto jaudu, ko var izdalīt gravitācijas viļņu veidā

Uz Zemes gravitācijas viļņu detektoru mēra

tā saukto gravitācijas viļņu relatīvā pagarinājuma $\epsilon(t)$ maiņu laikā, kas raksturo laiktelpas deformācijas. Apstrādājot datus var iegūt maksimālo relatīvo pagarinājumu ϵ un tam atbilstošo viļņa frekvenci f . Izmatojot teorētisko laiktelpas modeli, Ir iespējams noteikt vilnim atbilstošo enerģijas blīvumu u . Lai izpētītu šo modeli, lietosim analogiju ar lineāru elastību.

ii) (1,5 punkti) Iegūt izteiksmi enerģijas blīvumam $u = u(\epsilon, E)$ viemmērīgi izstieptai gumijai, atkarībā no relatīvā pagarinājuma ϵ un elastības (Junga) moduļa E .

iii) (1,5 punkti) Izmantojot mērvienību (dimensiju) analīzi novērtēt laiktelpas elastības moduļa $E(f)$ atkarību no universālās gravitācijas konstantes G , gaismas ātruma c un gravitācijas viļņu frekvences f .

iv) (2 punkti) Novērtē attālumu $z = z(\epsilon, f)$ no Zemes līdz gravitācijas viļņu avotam, kā funkciju no relatīvā pagarinājuma ϵ un frekvences f . Izmanto iepriekš šajā uzdevumā izvestos modeļus.

5. EFEKTĪVĀ MASA (10 punkti) — Jaan Kalda.

Kad ķermenis pārvietojas šķidrumā, efektīvā inerces masa izrādās lielāka par ķermeņa patieso masu, jo paātrinot ķermeni tiek paātrināti arī tuvāki šķidruma slāņi. Šo masas pieaugumu sauc par pievienoto masu vai virtuālo masu. Izmēri virtuālās masas daudzumu m_v , ko iegūst bumbiņa pārvietojoties ūdenī. Bumbiņas diametrs ir $d = 72,0\text{ mm}$. Nav nepieciešams aprēķināt mērījumu kļūdu, tomēr ir svarīga izvēlētais metodes un rezultātu precizitāte, kas tiks vērtēta.

Darba piederumi: Bumbiņa, kas pievienota atsperai; statīvs; hronometrs; lineāls; trauks ar ūdeni.

6. CILPA (6 punkti) — Lasse Franti. Vada cilpa lidinās izplatījumā (bezsvara vakuumā) tā ka tās plakne ir paralēla xy -plaknei. Apgabalā $x < 0$ ir magnētiskais lauks, kas vērsts paralēli z -asij. Taisnstūra veida cilpas platums ir $l = 10\text{ cm}$ un garums ir $h = 30\text{ cm}$. Cilpa ir veidota no vara stieples ar riņķveida šķērsriezumu (rādiuss ir

$r = 1,0\text{ mm}$). Laika momentā $t = 0\text{ s}$ magnētiskais lauks sāk samazināties ar ātrumu $0,025\text{ T/s}$.

i) (3 punkti) Aprēķini cilpas paštrinājumu tūlīt pēc $t = 0\text{ s}$. Sākotnējā magnētiskā lauka indukcija ir $B = 2,0\text{ T}$ un $d = 12\text{ cm}$ no cilpas atrodas magnētiskajā laukā. Cilpas isākā mala ir paralēla y -asij.

ii) (3 punkti) Paātrinājums var tikt palielināts vairākos veidos. Kā izmainīsies i)-punktā izrēķinātais rezultāts, ja

a) cilpa ir veidota no divreiz resnākas vara stieples ($r = 2,0\text{ mm}$)?

b) oriģinālā stieple ir satīta trīs reizes nevis vienu (iegūstot noslēgtu spoli ar trīs vijumiem, taisnstūra izmērs nemainās)?

c) tiek saglabāta stieples masa, izmantojot stiepli ar divreiz mazāku šķērsriezuma laukumu, kas ir satīta divas reizes (taisnstūra izmērs nemainās)?

d) tiek izmantota cilpa no cita materiāla? Kurš no tabulā dotajiem metāliem dod vislabāko rezultātu?

Metāls	Īpatnējā pretestība 10^{-8} m	Blīvums 10^3 kg/m^3
Dzelzs	9,71	7,87
Varš	1,67	8,96
Alumīnijs	2,65	2,70
Litijs	8,55	0,53

e) Kas notiks, ja mēs izmantotu resnu vara stiepli, lai izveidotu divreiz lielāku cilpu ($r = 2,0\text{ mm}$, $l = 20\text{ cm}$, $h = 60\text{ cm}$) un ievietotu to laukā attālumā $d = 24\text{ cm}$?

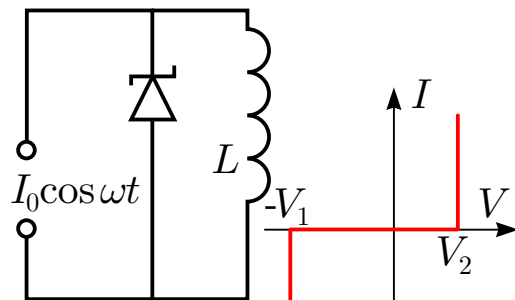
7. ZĒNERA DIODE (7 punkti) — Jaan Kalda.

Zēnera diode ir pievienota maiņstrāvas avotam, kā parādīts attēlā. Strāvas stiprums ir sinusoidāls $I = I_0 \cos \omega t$ ar konstantu amplitūdu. Spoles induktivitāte L ir tāda, ka $L\omega I_0 \gg V_1, V_2$, kur V_1 un V_2 ir caursītes spriegumi ($V_1 > V_2$). Zēnera diodes volt-ampēra raksturlielne ir attēlota zīmējumā. Uzdevumā pieņem, ka kopš ier-

rīces ieslēgšanas ir pagājis ļoti ilgs laiks.

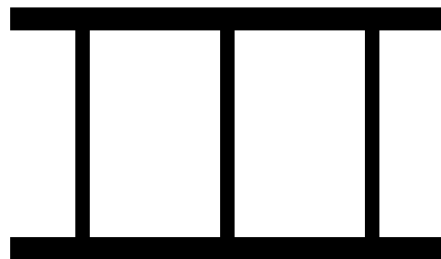
i) (5 punkti) Aprēķini vidējo strāvas stiprumu $\langle I \rangle$ caur spoli.

ii) (2 punkti) Aprēķini strāvas stipruma izmaiņas amplitūdu starp minimumu un maksimumu ΔI spolē.



8. SIJAS (6 punkti) — *Andres Pöldaru*. Starp divām cietām plāksnēm ir novietotas trīs sijas. Plāksņu un siju masu var neņemt vērā. Siju lineārais termiskās izplešanās koeficients ir $\alpha = 1,0 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Maksimālā šļūde (relatīvais pagarinājums (pagarinājums pret sākotnējo garumu, kad slodze nav pielikta)), ko var panākt pirms iestājas paliekošas neelastīgas deformāci-

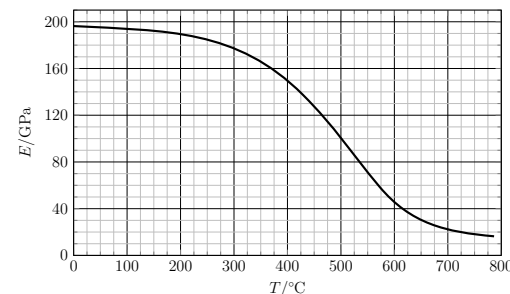
jas, ir $\beta = 0,40\%$. Sijas var noturēt svaru, kas tiek novietots uz augšējās plāksnes, līdz brīdim, kad kādā no sijām parādās paliekošas deformācijas.



i) (2 punkti) Sākotnēji visas sijas ir vienā temperatūrā. Tad centrālās sijas temperatūra tiek paaugstināta par $\Delta T = 100 \text{ K}$. Salīdzinot ar situāciju, kad visas sijas bija vienā temperatūrā, kādu daļu no sākotnēja svara var noturēt sijas šajā situācijā? Pieņem, ka siju materiāla īpašības (īpaši maksimālā šļūde un elastības (Junga) modulis) nemainās to uzsildot.

ii) (4 punkti) Sākotnēji visas sijas ir temperatūrā $T_0 = 0^\circ \text{ C}$. Svars, kas sastāda 20% no maksimāli iespējamās vērtības, tiek novietots uz augšējās

plāksnes. Nemainot svaru, līdz cik augstai temperatūrai var uzsildīt vidējo siju, lai neiestātos paliekošas deformācijas? Šajā gadījumā pieņem, ka materiāla elastības (Junga) modulis mainās atkarībā no temperatūras, kā parādīts sekojošajā grafikā (lielāks grafiks ir pieejams uz atsevišķas lapas).



9. SPIEDIENS KOSMOSA KUĢĪ (6 punkti) — *Johan Runeson*. Pieņem, ka kosmosa kuģa forma ir homogēna caurule ar noslēgtiem galiem. Kosmosa kuģis rotē ap tā masas centru ar leņķisko ātrumu ω ap asi, kas perpendikulāra caurules asij. Tādā veidā tiek simulēta gravitācija. Kosmosa kuģis ir pildīts ar gāzi, kuras molmasa ir μ un spiediens uz rotācijas ass ir p_0 . Kosmosa

kuģa diametrs ir daudz mazāks par tā garumu.

i) (4 punkti) Aprēķināt spiedienu p kā attāluma r funkciju, kur r ir attālums no rotācijas ass.

ii) (2 punkti) Salīdzinājumam, apskati (nerotējošu) torni, kas atrodas konstantā gravitācijas laukā ar stiprumu g , kas pildīts ar to pašu gāzi. Ja zemes līmenī spiediens ir p_0 , cik liels ir spiediens p augstumā h virs zemes šajā tornī?

10. MELNĀ KASTE (10 punkti) — *Jaan Kalda, Siim Ainsaar*. Melnajā kastē ar trīs izvadiem (A, B un C) atrodas rezistors (pretestība R_1), kondensators (kapacitāte C) un baterijas (elektrodzinējspēks \mathcal{E}) virknes slēgums ar citu rezistoru (R_2).

i) (3 punkti) Noskaidro melnās kastes slēguma shēmu.

ii) (7 punkti) Izmēri baterijas elektrodzinējspēku, rezistoru pretestības, kondensatora kapacitāti. Novērtē mērījumu kļūdu. Katrā mērījumā norādi slēguma shēmu un multimetra iestatījumus, kādi tiek izmantoti.

Darba piederumi: melnā kaste, multimetrs, hronometrs, vadi, milimetru papīrs.

