

**1. ŪDENS AGREGĀTSTĀVOKĻI (6 punkti)** — *Johan Runeson.*

Šajā uzdevumā aplūkosim ūdens fāžu diagrammu (skatīt grafiku uz atsevišķas lapas).

Pirmajā attēlā redzama ūdens fāžu diagramma trīskārša punkta tuvumā [(s) – ciets, ledus, (l) – šķidrums, (g) – gāzveida], bet otrajā attēlā redzama ūdens kušanas likne. (Grafikos norādīts apgabals, kas tiek pietuvināts.) Kad divas fāzes  $\alpha$  un  $\beta$  ir līdzsvarā, fāžu pārejas diagramma pakļaujas Klauziusa-Klapeirona vienādojumam:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{1}{T} \frac{H_\beta - H_\alpha}{V_\beta - V_\alpha},$$

kur  $H_\alpha$  ir īpatnēja entalpija (entalpija uz masas vienību) fāzē  $\alpha$  un  $V_\alpha$  ir fāzes īpatnējais tilpums (tilpums uz masas vienību).

**i)** (1,5 punkti) Zinot, ka  $V_g \gg V_l$ , iegūsti izteiksmi liknei  $p(T)$  pārejai šķidrums-gāze, kas ir atkarīga no īpatnējā iztvaikošanas siltuma  $\Delta H_{lg} \equiv H_l - H_g$ , no spiediena  $p_0$  jebkurā atskaites punktā uz līnijas, no universālās gāzu konstantes  $R$  un molmasas  $\mu$ .

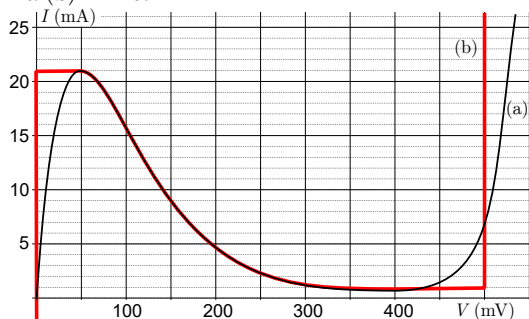
**ii)** (1,5 punkti) Pieņemsim, ka Zeme ir sistēma, kas sastāv no homogēnas atmosfēras, kurā ir gaiss un ūdens tvaiks, kas atrodas līdzsvarā ar šķidru ūdeni jūrā. Ja gaisa temperatūra pieaug par  $3^\circ\text{C}$ , par cik procentiem pieaugs ūdens tvaika spiediens? (Šī brīža Zemes temperatūra ir  $15^\circ\text{C}$ .) Tev varētu vajadzēt zināt lielumus  $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  un  $\mu = 18,015 \text{ g mol}^{-1}$ .

**iii)** (3 punkti) Izmanto pamatotus tuvinājumus, lai aprēķinātu  $V_l - V_s$ : īpatnējo tilpumu attiecību starp šķidru ūdeni un ledu pie atmosfēras spiediena

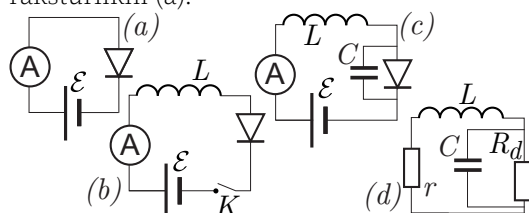
**2. TUNEĻDIODE (10 punkti)** — *Jaan Kalda.*

Tuneļdiodes voltampēra raksturlikne ir redzama grafikā ar melnu, (a) likne. Dažās

uzdevuma daļās tiks lietota idealizētā sarkanā (b) likne.



**i)** (1 punkts) Lai izmērītu tuneļdiodes voltampēra raksturlikni, tā tiek pieslēgta sprieguma avotam ar maināmu spriegumu (avota elektrodzinējspēku  $\mathcal{E}$  var mainīt robežās no  $0\text{V}$  līdz  $1\text{V}$ ), aplūkot slēgumu (a). Ampērmetram ir iekšējā pretestība  $r = 2\Omega$ ; avota spriegums ir  $\mathcal{E} = 50\text{mV}$ . Cik liels spriegums  $V_i$  ir uzlikts un cik stipra strāva  $I_i$  plūst caur diodi? Šajā uzdevuma daļā lieto īsto diodes voltampēra raksturlikni (a).



**ii)** (1 punkts) Tālāk ņemsim vērā vadu induktivitāti. Lai to ņemtu vērā, slēguma shēma jāpārzīmē, kā redzams shēmā (b), kur induktivitāte  $L = 500\text{nH}$ . Slēdzis  $K$  tiek turēts atvērts, kamēr avota spriegums tiek noregulēts uz  $\mathcal{E} = 250\text{mV}$ , un tad slēdzis tiek noslēgts. Cik ilgs laiks ir nepieciešams, lai stāva saņemtu vērtību  $I_1 = 20\text{mA}$ ? Turpmāk neņem vērā (ja netiek teikts citādāk) baterijas un ampērmetra iekšējo pretestību (izmanto, ka  $r = 0$ ), kā arī lieto idealizēto (b) diodes voltampēra raksturlikni.

**iii)** (1 punkts) Izmantojot tos pašus uzstādījumus, kā ii) punktā, cik ilgs laiks ir nepieciešams no brīža, kad slēdzis tiek noslēgts, līdz

brīdim, kad spriegums uz diodes sasniedz  $V_2 = 500\text{mV}$ ?

**iv)** (2 punkti) Izmantojot tos pašus uzstādījumus, kā ii) punktā, uzzīmē grafiku strāvai caur diodi atkarībā no laika. Aprēķini strāvas svārstību periodu un amplitūdu.

**v)** (2 punkti) Slēgums (b) tiek izmantots, lai izmērītu diodes voltampēra raksturlikni: liknes viens punkts tiek iegūts, turot slēdzi atvērtu, kamēr tiek uzstādīts vēlamais spriegums un pēc tam slēdzis tiek noslēgts. Ņem vērā, ka ampērmetra strāvai svārstoties ar augstu frekvenci, ampērmetrs rādīs **strāvas stipruma vidējo vērtību**. Attēlo grafiski paredzamos mērījuma rezultātus, t.i. vidējās ampērmetra strāvas atkarību no avota sprieguma  $V = \mathcal{E}$ .

**vi)** (1 punkts) Līdz šim mēs pieņemām, ka diode ir ideāla; realitātē diodei ir neliela parazitiskā kapacitāte, ko apzīmēsim ar  $C = 30\text{pF}$ . Ņemot to vērā, slēgumu var pārzīmēt, kā redzams (c) slēgumā. Šajā brīdī atkal pieņemam, ka ampērmetrs nav ideāls un tā iekšējā pretestība ir  $r = 2\Omega$ . Pēc slēdža noslēgšanas avota spriegums tiek lēnām palielināts no  $\mathcal{E} = 0\text{mV}$  līdz  $\mathcal{E} = 150\text{mV}$  tā, ka nepārtraukti tiek uzturēts stacionārais režīms (kurā nenotiek svārstības), kurā  $V(t) \equiv V_0$  un  $I(t) \equiv I_0$ . Pieņemsim, ka ir notiek neliela diodes strāvas un sprieguma novirze no līdzsvara  $I = I_0 + \delta I(t)$  and  $V = V_0 + \delta V(t)$ , kur  $I_0$  un  $V_0$  ir vērtības, kas aprēķinātas punktā i). Nelielām novirzēm no līdzsvara, diodes voltampēra raksturlikne var tikt linearizēta iegūstot  $\delta V = R_d \delta I$ , kur  $R_d$  ir diodes *diferenciālā pretestība*. Nosaki  $R_d$  vērtību.

**vii)** (2 punkti) Turpinot iepriekšējo jautājumu, var pierādīt, ka jautājums par kontūra (c) stāvokļa stabilitāti, t.i. vai nelielā novirze  $\delta I(t)$  pieaugs eksponenciāli, ir ekvivalents ar jautājumu par kontūra (d) stabilitāti (ir noņemta baterija un diode ir aizvietota ar diferenciālo pretestību no iepriekšējās uzdevuma daļas). Cik liela ir lielākā iespējamā vadu induktivi-

tātes vērtība  $L$ , lai sistēma vēl būtu stabila?

**3. KONISKĀ ISTABA (3 punkti)** — *Jaan Kalda.* Moderna muzeja viena zāle ir izveidota taisna konusa formā ar pusi no virsotnes leņķa  $60^\circ$  (t.i. telpas sienas veido  $60^\circ$  leņķi ar vertikāli). Mazākais ātrums, kas nepieciešams, lai no telpas centra trāpītu konusa virsotnē (t.i. sienu augstākajā punktā), ir  $v_0$ . Cik liels ir mazākais ātrums, lai no šī punkta trāpītu kādai konusa sienai?

**4. DRONS (9 punkti)** — *Jaan Kalda.* Drons velk taisnstūra paralēlskaldņa formas priekšmetu ar trosi, kā redzams zīmējumā; priekšmets slīd pa horizontālu grīdu ar nelielu, nemainīgu ātrumu. Priekšmets ir homogēns. Jums var būt nepieciešams veikt mērījumus zīmējumā (kas pieejams uz atsevišķas lapas), kur visi izmēri un attālumi ir pareizi ar precizitāti līdz nezināmam mēroga faktoram. Ja jums nav pieeja printerim un mērījumi jānolasa no datora ekrāna, tad jūs varat izmantot papildus pārtrauktās līnijas (kas var būt, bet var arī nebūt noderīgas).

**i)** (2 punkti) Aprēķini berzes koeficientu starp priekšmetu un grīdu.

**ii)** (2 punkti) Aprēķini priekšmeta masu, ja drona masa ir  $m = 1\text{kg}$ .

**iii)** (2 punkti) Tālāk izpētīsim drona lidošanu adiabātiskā atmosfērā. Adiabātiskā atmosfērā gaisa tilpuma elementi nepārtraukti pārvietojas uz augšu un uz leju, kā rezultātā adiabātiski izplešas un saraujas. Var tikt parādīts, ka adiabātiskā atmosfērā temperatūra ir lineāri atkarīga no augstuma  $z$ :  $T = T_0 - zg/c_p$ , kur  $c_p = 1,00\text{J/g}$  ir īpatnējā siltumietilpība gaisam pie nemainīga spiediena, un  $g = 9,81\text{m/s}^2$ . Aprēķini gaisa blīvuma  $\rho$  atkarību no augstuma, izsakot to izmantojot gaisa blīvumu  $\rho_0$  zemes līmenī  $z = 0$ .

**iv)** (3 punkti) Pieņemt, ka drona maksimālo lidošanas augstumu  $z_{max}$  ierobežo drona motora jauda. Aprēķināt  $z_{max}$ , ja zināms, ka zemes līmenī motora jauda ir pietiekama, lai paceltu kravu, kuras masa nepārsniedz dro-

na masu.

**5. PUDELES SKAŅA (8 punkti)** — *Jaan Kalda and Ero Uustalu. Piederumi*: Tukša 1-litra pudele, neliels trauks (ap 100 ml) ar zināmu tilpumu (vai cits rīks ar ko mērīt ūdens tilpumu), Viedtālrunis ar programmu “Physics Toolbox Sensor Suite” vai “Physics Toolbox Pro” (atrisinājumu lapā atzīmē, kuru versiju tu lieto).

Ja tu pūt gaisu gar pudeles atvērto galu, ir iespēja iegūt svilpošanai līdzīgu skaņu: vidējai (līdz diezgan stiprai) gaisa plūsmai jāplūst perpendikulāri pudeles asij nelielā attālumā no pudeles atvērta gala. Tavs uzdevums ir izpētīt skaņas frekvences  $f$  atkarību no ūdens tilpuma  $V$  pudelē.

**i) (4 punkti)** Pūšot gar pudeles atvērto galu tu iegūsti skaņu. Izmēri šīs skaņas frekven-

ci izmantojot “tone detector”vai “spectrum analyzer”, vai “spectrogram”programmā “Physics Toolbox”(kad palaid aplikāciju, tad, nospiežot kreisajā augšējā stūrī, izlec pieejamo rīku nosaukumi, no kuriem jāizvēlas viens no nosauktajiem) Ja tev izdodas iegūt vienu toni, tad izmanto “tone detector”; pretējā gadījumā izmanto “spectrum analyzer”, lai noteiktu izteiktāko frekvences pīķi (iz-

manto iespēju nospiegt pauzi un paplašināt kādu grafika apgabalu). Izveido mērījumu tabulu.

**ii) (1 punkts)** Izmantojot teorētiskus apsvērumus vai iegūto datu analīzi, piedāvāt funkcionālo sakarību starp  $f$  un  $V$ .

**iii) (3 punkti)** Pārbaudi savu piedāvāto sakarību grafiski un nosaki šīs sakarības parametrus. Kļūdu novērtējums nav nepieciešams.

