

1. AGREGATNA STANJA (FAZE) VODE (6 točke)

— *Johan Runeson*. V tej nalogi bomo raziskovali fazni diagram vode (glej slike na posebni strani).

Prva slika prikazuje okolico trojne točke v povečavi (agregatna stanja so označena: (s) trdno, (l) kapljevinasto in (g) plinasto stanje), medtem ko je na drugi sliki krivulja tališča. Kadar sta fazi α in β v ravnovesju, krivuljo faznega prehoda določa Clausius-Clapeyronova enačba

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

kjer je H_α specifična entalpija (entalpija na enoto mase) faze α in V_α njena specifična prostornina (prostornina na enoto mase).

i) (1,5 točke) Upoštevač $V_g \gg V_l$ izrazi krivuljo faznega prehoda *kaljevina-plin* (krivulja vrelišča) $p(T)$ s količinami: specifično izparilno toploto $\Delta H_{lg} \equiv H_l - H_g$, tlakom p_0 na katerikoli točki iste krivulje, splošno plinsko konstanto R in molsko maso μ .

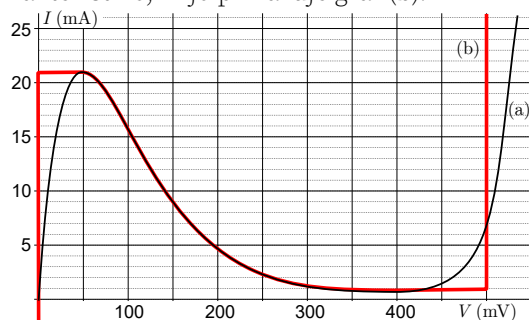
ii) (1,5 točke) Predpostavimo, da ima Zemlja homogeno atmosfero, ki je sestavljena iz zraka in vodne pare in je v ravnovesju z morjem (vodo v kapljevinastem agregatnem stanju). Trenutna temperatura površja Zemlje je 15°C . Za koliko odstotkov se poveča delni tlak vodne pare v zraku, če se temperatura atmosfere dvigne za 3°C ? Morda boš potreboval številski vrednosti konstant $R = 8,314\text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ in $\mu = 18,015\text{g mol}^{-1}$.

iii) (3 točke) Uporabi smiselne približke in izračunaj razliko specifičnih prostornin tekoče vode (l) in ledu (s) $V_l - V_s$ pri normalnem zračnem tlaku.

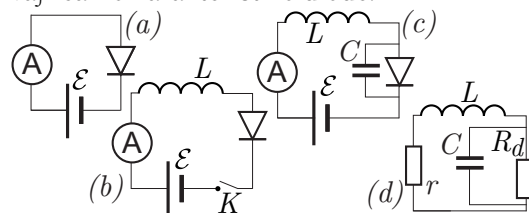
2. TUNELSKA DIODA (10 točke) — *Jaan Kalda*.

Graf (a) na sliki prikazuje V-I karakteristiko tunelske diode. V nekaterih delih te naloge

uporabljamo poenostavljeno modelsko karakteristiko, ki jo prikazuje graf (b).



i) (1 točka) Da bi zmerili karakteristiko diode, jo povežemo z virom napetosti, ki mu lahko spreminjamo gonilno napetost \mathcal{E} (med 0V to 1V), kot prikazuje slika (a) spodaj. Notranji upor ampermetra je $r = 2\Omega$; napetost vira je $\mathcal{E} = 50\text{mV}$. Kolikšna je napetost na diodi V_i in kolikšen tok I_i teče skozi diodo? Upoštevaj realno karakteristiko diode.



ii) (1 točka) Zdaj nas bo zanimalo, kako na dogajanje v krogu vpliva lastna induktivnost žic. Da lahko ta vpliv proučimo, spremenimo krog tako, kot prikazuje slika (b); $L = 500\text{nH}$. Stikalo K je najprej razklenjeno; ko je na viru napetost $\mathcal{E} = 250\text{mV}$, stikalo sklenemo. Čez koliko časa bo tok, ki teče v krogu, dosegel vrednost $I_1 = 20\text{mA}$? Zanimari notranji upor vira napetosti (dokler ni napisano drugače) in tudi notranji upor ampermetra (naj bo $r = 0$). Uporabi poenostavljeno modelsko karakteristiko diode.

iii) (1 točka) Koliko časa mine od trenutka, ko sklenemo stikalo pri vprašanju ii), do trenutka, ko je napetost na diodi $V_2 = 500\text{mV}$?

iv) (2 točke) Nariši graf, ki prikazuje, kako se s časom spreminja tok skozi diodo pri vpraša-

nju ii). Kolikšen je nihajni čas in kolikšna je amplituda nihanja toka?

v) (2 točke) Krog na sliki (b) uporabimo za merjenje karakteristike diode: posamezno mersko točko dobimo tako, da pri razklenjenem stikalu nastavimo napetost vira na izbrano vrednost, potem stikalo sklenemo. Upoštevaj, da v primeru, ko tok niha z visoko frekvenco, ampermeter prikaže **povprečno vrednost toka**. Nariši graf, ki prikazuje pričakovane merske rezultate: povprečni tok skozi ampermeter v odvisnosti od napetosti vira $V = \mathcal{E}$.

vi) (1 točka) Do sem smo diodo obravnavali kot idealno napravo. Realne diode imajo majhno parazitsko kapaciteto; naj bo $C = 30\text{pF}$. Ko upoštevamo kapaciteto diode, krog prikažemo s shemo (c). Upoštevati bomo tudi notranji upor realnega ampermetra, naj bo $r = 2\Omega$. Predpostavimo, da se po trenutku, ko sklenemo stikalo, napetost vira počasi poveča z začetne vrednosti $\mathcal{E} = 0\text{mV}$ na $\mathcal{E} = 150\text{mV}$ tako, da dosežemo stacionarni režim delovanja (brez oscilacij), pri katerem velja $V(t) \equiv V_0$ in $I(t) \equiv I_0$.

Predpostavi, da se tok skozi diodo in napetost na diodi malenkost spreminjata: $I = I_0 + \delta I(t)$ in $V = V_0 + \delta V(t)$, kjer sta I_0 in V_0 tok in napetost v stacionarnem režimu delovanja. Pri majhni amplitudi motnje lahko karakteristiko diode lineariziramo, od koder sledi $\delta V = R_d \delta I$, kjer je R_d *diferencialni upor* diode. Določi vrednost R_d .

vii) (2 točke) Pokažemo lahko, da je problem stabilnosti kroga (c) (torej, ali majhna motnja toka $\delta I(t)$ povzroči, da prične tok v krogu s časom naraščati eksponentno ali ne) ekvivalenten problemu stabilnosti kroga na sliki (d) (vir napetosti odstranimo, diodo pa nadomestimo z njenim diferencialnim uporom, ki smo ga določili pri prejšnjem vprašanju). Kolikšna je največja induktivnost žic L , pri kateri je sistem še stabilen?

3. STOŽČASTA SOBA (3 točke) — *Maté Vigh*.

V modernem muzeju je notranjost oblikovana kot idealni pokončni stožec s polovičnim kotom ob vrhu 60° (to pomeni, da so stene nagnjene za 60° glede na navpičnico). Da doseže izstrelek, izstreljen iz središča osnovne ploskve, vrh stožca, mora imeti začetno hitrost v_0 . Najmanj kolikšno hitrost mora imeti izstrelek, izstreljen iz središča osnovne ploskve, da doseže plašč stožca (steno muzeja)?

4. DRON (9 točke) — *Lasse Franti in Jaan Kalda*.

Dron vleče na lahko vrv privezan homogen kvader, kot kaže skica na posebnem listu. Kvader počasi in enakomerno drsi po vodoravni podlagi. Za vse potrebne meritve uporabi skico. Pri tem upoštevaj, da je skica sicer risana v merilu, a merila ne poznaš. Za primer, da nimaš tiskalnika in boš iz skice podatke odčitaval na zaslonu računalnika, je na skici nekaj pomožnih črt (označene so črtkano in ti lahko pridejo prav ali pa ne).

i) (2 točke) Določi koeficient trenja med kvadrom in podlago.

ii) (2 točke) Masa drona je $m = 1\text{kg}$. Kolikšna je masa kvadra?

iii) (2 točke) V nadaljevanju raziskujemo let drona v adiabatni atmosferi. Adiabatna atmosfera pomeni, da se majhen opazovani delček zraka med dviganjem ali spuščanjem adiabatno razpenja ali krči. Izpeljati se da, da je v adiabatni atmosferi temperatura linearna funkcija višine z : $T(z) = T_0 - zg/c_p$, kjer je $c_p = 1,00\text{J/g}$ specifična toplota zraka pri konstantnem tlaku in $g = 9,81\text{m/s}^2$ težni pospešek. Izrazi odvisnost gostote zraka ρ od višine z z gostoto zraka pri tleh (ρ_0 pri $z = 0$), s specifično toploto zraka pri konstantni prostornini $c_v = 0,718\text{J/g}^{-1}\text{K}^{-1}$ in z ostalimi prej napisanimi količinami.

iv) (3 točke) Predpostavimo, da je maksimalna višina z_{max} , na kateri dron brez bremena lahko leti, določena z močjo motorjev drona. Iz podatka, da je največja masa, ki jo dron še

lahko dvigne, enaka polovici mase drona, določi višino z_{\max} . Zanemari vpliv turbulenc na potisno moč motorjev drona.

5. ZVEN STEKLENICE (8 točke) — *Jaan Kalda in Eero Uustalu*. Pripomočki: Prazna litrska steklenica, majhen (okoli 100 ml) kozarec z znano prostornino (ali kak drug pripomoček za merjenje prostornine vode) in pametni telefon z naloženo aplikacijo "Physics Toolbox

Pro" ali "Physics Toolbox Sensor Suite" (ob nalogi napiši, katero aplikacijo si uporabljal).

Če pihaš blizu vrha steklenice, lahkoliš piskajoč zvok. Da dobiš ta zvok, moraš pihati nežno (do zmerno močno), tok zraka mora prečkati ustje steklenice pravokotno na simetrijsko os steklenice. Tvoja naloga je raziskati odvisnost frekvence f dobljenega zvoka v odvisnosti od prostornine V vode v

steklenici.

i) (4 točke) Medtem ko pihaš ob ustju steklenice, izmeri frekvenco nastalega zvoka tako, da uporabiš "tone detector" ali "spectrum analyzer" v "Physics Toolbox" (ko zaženeš aplikacijo, aktiviraš meni s potegom iz levega zgornjega kota zaslona). Če dobiš lep izrazit zvok, uporabi "tone detector", sicer uporabi "spectrum analyzer", da določiš

frekvenco vrha v spektru. Meritve vpisuj v ustrezno tabelo.

ii) (1 točka) Bodisi na osnovi meritev bodisi na osnovi teoretičnih argumentov predlagaj funkcijsko odvisnost f od V .

iii) (3 točke) Predlagano funkcijsko odvisnost preveri grafično in določi številske vrednosti prostih parametrov v predlagani funkciji. Analiza napak ni potrebna.

