

**1. ФАЗЕ ВОДЕ (6 ВОДОВА)** — *Johan Rune-son*. У овоме задатку ћемо посматрати фазни дијаграм воде (графици су на одвојеној страници). Прва слика приказује фазни дијаграм у региону у близини тројне тачке воде [(s) – чврсто стање, (l) – теч-но стање, (g) – гасовито стање], док дру-га слика приказује кривуљу топљења леда. Када су двије фазе  $\alpha$  и  $\beta$  у стању равноте-же, график фазних пријелаза ће пратити Клазијус-Клапејрон-ов закон:

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

Гдје су:  $H_\alpha$  и  $V_\alpha$  специфична енталпија (ен-талпија по јединици масе од алфа фазе) и специфична запремина (запремина по је-диници масе од алфа фазе) респективно.

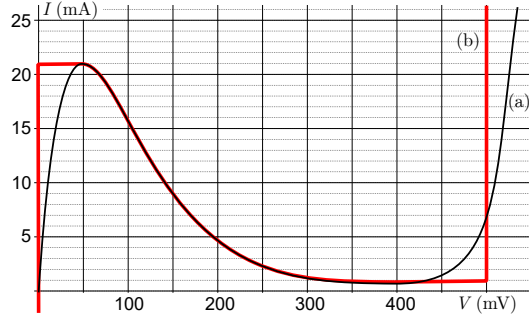
**i)** (1,5 б) Користећи да је  $V_g \gg V_l$ , нађите израз за криву пријелаза  $p(T)$  **течност-гас**. Свој одговор изразите помоћу слиједећих величина: латентне топлоте испаравања  $\Delta H_{lg} \equiv H_l - H_g$ , притиска  $p_0$  при било којој референтној тачки на графику, константе идеалног гаса  $R$ , те моларне масе гаса  $\mu$ .

**ii)** (1,5 б) Апроксимирајте Земљу са затвореним системом који се састоји од хомогене атмосфере, која се састоји од ваздуха и водене паре у стању равнотеже са океаном од тећне воде. За колико ће се процентуално повисити парцијални притисак водене паре, ако се температура атмосфере повиси за  $3^\circ\text{C}$  (Тренутачна температура Земље је  $15^\circ\text{C}$ ). Могу вам послужити вриједности  $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  и  $\mu = 18,015 \text{ g mol}^{-1}$ .

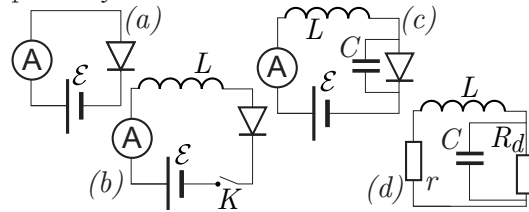
**iii)** (3 б) Користећи се разумним апроксимацијама, израчунајте  $V_l - V_s$  (разлику између специфичне запремине воде и леда при стандардном атмосферском притиску).

**2. ТУНЕЛ ДИОДА (10 ВОДОВА)** — *Jaani Kalda*.

V-I карактеристика тунел диоде приказана је на слици испод, крива (a). У неким дијеловима задатка користимо идеализовани модел карактеристике (b).



**i)** (1 б) Како бисмо измјерили V-I карактеристику диоде, спајамо је серијски са извором промјењивог напона (вриједност електромоторне силе  $\mathcal{E}$  може се мијењати од  $0\text{V}$  до  $1\text{V}$ ), погледајте коло (a). Амперметар има унутрашњи отпор  $r = 2\Omega$ ; док је вриједност примјењеног напона  $\mathcal{E} = 50\text{mV}$ . Колики је напон диоде  $V_i$  и њена струја  $I_i$ ? Користите стварну V-I карактеристику диоде.



**ii)** (1 б) Проучимо сада ефекат самоиндукције жица. Како бисмо у обзир узели такву индукцију, коло мора бити модификовано као што је приказано на слици (b); нека је  $L = 500\text{nH}$ . Прекидач  $K$  се држи отвореним док се напон не подеси на вриједност  $\mathcal{E} = 250\text{mV}$ , те се затим затвори. Колико времена је потребно да струја достигне вриједност  $I_1 = 20\text{mA}$ ? Занемарите (осим ако није назначено другачије) унутрашњи отпор батерије и амперметра (ставите  $r = 0$ ), и користите идеализовану

V-I карактеристику диоде.

**iii)** (1 б) Користећи исту поставку из дијела задатка ii), одредите колико времена ће протећи од тренутка затварања прекидача до тренутка када напон на диоди достигне вриједност  $V_2 = 500\text{mV}$ ?

**iv)** (2 б) Користећи исту поставку из дијела задатка ii), нацртајте график ови-сности струје диоде од времена и нађите период и амплитуду осцилација струје.

**v)** (2 б) За мјерење V-I карактеристике диоде користи се коло (b): приликом одређивања сваке тачке на графику (дата поинт), напон се подешава на жељену вриједност док се прекидач држи отвореним, те се потом прекидач затвори. Напомињемо да када струја на амперметру осцилује високом фреквенцијом, онда он показује **средњу вриједност струје**. Нацртајте очекивани резултат мјерења, тј. графички прикажите овисност средње струје која протиче кроз амперметар о напону  $V = \mathcal{E}$ .

**vi)** (1 б) До сада смо диоду сматрали идеалним уређајем; у стварности, она има мали паразитни капацитет  $C = 30\text{pF}$ . Узимајући у обзир ову чињеницу, коло цртамо као што је приказано на слици (c). Сада поново претпостављамо да амперметар није идеалан и да има унутрашњи отпор  $r = 2\Omega$ . Претпоставимо да се након затварања прекидача напон полако повећава од  $\mathcal{E} = 0\text{mV}$  до  $\mathcal{E} = 150\text{mV}$  тако да се достиже стационарни режим рада (нема осцилација),  $V(t) \equiv V_0$  и  $I(t) \equiv I_0$ . Претпоставите да имамо малу пертурбацију (поремећај) струје и напона диоде:  $I = I_0 + \delta I(t)$  и  $V = V_0 + \delta V(t)$ , гдје су  $I_0$  и  $V_0$  струја и напон стационарног режима рада, респективно. За мале пертурбације амплитуда, V-I карактеристика диоде се може линеаризовати, што даје  $\delta V = R_d \delta I$ , гдје је  $R_d$  **диференцијални отпор** диоде. Одредите  $R_d$ .

**vii)** (2 б) Надовезујући се на претходни дио задатка, може се показати да је проблем стабилности кола (c), тј. питање да ли ће мала пертурбација струје  $\delta I(t)$  расти експоненцијално са временом или не, еквивалентан проблему стабилности кола (d) (батерија је одстрањена, а диода је замијењена са диференцијалним отпорником чији је отпор пронађен у претходном дијелу задатка). Колика је највећа индуктивност жица  $L$  за коју ће систем бити стабилан?

**3. КОНУСНА СОБА (3 ВОДОВА)** — *Maté Vigh*.

Унутрашњост модерног музеја је у облику усправног конуса са угаоном ши-роном (углом отвора)  $120^\circ$  (зидови су накошени за  $60^\circ$  у односу на централну верти-калну осу). Минимална потребна брзина да би тачкасто тијело достигло највишу тачку конуса, ако га бацимо од централне тачке пода, је  $v_0$ . Која је минимална потребна брзина да би тијело достигло омо-тач купе, ако га бацимо из исте позиције?

**4. ДРОН (9 ВОДОВА)** — *Lasse Franti & Jaani Kalda*.

Дрон помоћу ужета вуће квадар, као што је приказано на слици. Квадар се полако клиже са константном брзином по хоризонталној подлози. Квадар је направљен од хомогеног материјала. Дозвољено вам је користити мјерења са скице (која се налази на одвојеној страници) претпостављајући да су димензије на њему у истој пропорцији као у стварности (уз неки непознати фактор скалирања). Уколико немате принтер, морати ћете узимати мјерења директно са екрана. Стога, на дијаграму су приказане одређене испрекидане линије које вам могу, али не морају, бити корисне за узимање мјерења.

**i)** (2 б) Пронађите коефицијент динамичког трења између квадра и пода.

**ii)** (2 б) Пронађите масу квадра уколико је маса дрона:  $m = 1\text{kg}$ .

**iii)** (2 б) У овом дијелу задатка ће-

мо разматрати лет дрона у адијабатској атмосфери. У таквој атмосфери, запремине ваздуха се константно крећу горе-доље и приликом таквог кретања се адијабатски сузбијају и шире. Може се показати, да је у адијабатској атмосфери, температура линеарна функција висине  $z$ :  $T = T_0 - zg/c_p$ . Гдје су:  $T_0 = 293 \text{ K}$  и  $c_p = 1,00 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$  температура у близини тла и специфична топлота ваздуха при константном притиску респективно, а вриједност гравитационог убрзања је  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ . Одредите функционалну зависност густине ваздуха  $\rho$  од висине. Резултат изразите преко: густине ваздуха на тлу  $\rho_0$  ( $z = 0$ ), специфичне топлоте ваздуха при константној запремини  $c_v = 0,718 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ , те осталих прет-

ходно поменутих физичких величина.

**iv)** (3 бодова) Претпостављајући да је максимална висина лета дрона који нема товареног терета  $z_{\max}$  ограничена снагом његовог мотора, нађите  $z_{\max}$ . Познато је да је снага мотора таман довољна да је дрон у стању са земље подићи терет чија је маса једнака 50% масе самог себе. У овом задатку можете комплетно занемарити турбуленцију ваздушне струје.

**5. Флашин звук (8 бодова)** — *Jaan Kalda* & *Eero Uustalu*. **Опрема:** празна флаша запремине 1-л, мала (око 100 ml) посуда познате запремине (алтернативно може бити нешто друго за мјерење запремине воде), паметни телефон са апликацијом “Physics

Toolbox Sensor Suite” или “Physics Toolbox Pro” (назначите на папиру коју сте апликацију користили).

Уколико пушете у близини врата флаше, можете генерисати оштар тон. Да бисте генерисали тон, благ или средње јак проток зрака мора проћи изнад флаше окомито на њезин врат. Ваш задатак је да анализирате зависност фреквенције  $f$  генерисаног звука као функцију од запремине воде унутар флаше  $V$ .

**i)** (4 бодова) Пухајући у близини отвора флаше, измјерите фреквенцију генерисаног звука користећи “tone detector” функцију или “spectrum analyzer” функцију од апликације “Physics Toolbox” (када покре-

нете апликацију, потребни мени се може наћи у горњем лијевом чошку екрана). Ако успијете регистровати врло јасан тон, користите “tone detector” функцију. Ако не, користите “spectrum analyzer” функцију да бисте одредили фреквенцију максимума спектра. Своја мјерења унесите у табелу.

**ii)** (1 бод) Било на теоретским основама или на разматрању ваших мјерења, одредите функционалну зависност  $f$  од  $V$ .

**iii)** (3 бодова) Графички провјерите тачност ваше предложене зависности, те одредите релевантне параметре. У овом задатку није потребно одређивати експерименталне грешке.

