

## Ispit iz fizike 2

""

– R. Končar

1. *Transfer helija.* Tekući helij se koristi kao sredstvo za hlađenje eksperimenta na jako niske temperature. Kako je okolna temperatura viša od temperature vrelišta (4 K) helij stalno isparava. Zbog toga ga treba redovno nadolijevati. Pretačemo helij iz jedne termos boce u drugu. Za to koristimo termos-crijevo promjera cijevi  $\Phi = 3$  mm. Helij iz jedne boce u drugu tjeramo razlikom tlakova.

(a) Promotrimo prvo što se događa kada helij isparava. Gustoća tekućeg helija je  $\rho_L = 125$  g/L. Izračunaj koliko litara plina helija na atmosferskom tlaku i sobnoj temperaturi ( $p_A = 10^5$  Pa,  $T_s = 300$  K) dobijemo isparavanjem litre tekućine. Plinoviti helij je idealni plin. (4 boda)

(b) Pretačemo tekući helij iz termos boce u kojoj je tlak  $p_1 = 200$  mbar u bocu na atmosferskom tlaku preko termos-crijeva. Nađi protok helija u litrama u minuti. (4 bodova)

(c) Boca u koju ulijevamo tekući helij ima 30 L slobodnog prostora u kojem se nalazi plinoviti helij na 4 K. Kako ulijevamo tekućinu tako taj plin izbacujemo. Plin ne izbacujemo u zrak nego ga komprimiramo i spremamo u baterije plinovitog helija volumena 300 L. Koliko će se povećati tlak u bateriji kada dodamo ovih 30 litara hladnog plina iz boce? Napomena: plin će se prvo zgrijati na sobnu temperaturu! (3 boda)

*Ukupno: 11 bodova*

2. *Fazni prijelazi u 1D.* U ovom zadatku ćemo otkriti vrlo neobičnu stvar: termodinamika zabranjuje fazne prijelaze u jednodimenzionalnim sistemima! pa da budemo konkretni, zamislite 1D lanac spinova, koji mogu biti okrenuti ili 'gore' ili 'dolje'.

(a) uzmimo da su svi okrenuti gore. Nađi ukupnu energiju sustava, ako je broj spinova  $N$ , a energija po paru susjednih spinova je jednaka  $-J$ . Zanimarite sve interakcije osim interakcije najbližih susjeda. (3 boda)

(b) kolika je entropija u slučaju pod (a)? napiši slobodnu energiju. (3 boda)

(c) zamislite sada sa smo uveli jedan 'domenski zid', odnosno da je  $(N - n)$  spinova okrenuto gore, a ostali dolje. Nađi energiju i entropiju takve konfiguracije, ako je energija para gore-dolje jednaka nuli, energija para gore-gore i para dolje-dolje je  $J$ , a  $n$  je proizvoljan. (5 boda)

(d) napiši slobodnu energiju u slučaju (c) i odredi razliku u odnosu na slučaj (a). Na kojoj temperaturi slobodna energija iz (a) postaje manja? (3 boda)

S obzirom da u realnim sistemima  $N$  može biti po volji velik, dobili smo da temperatura prijelaza u 1D teži u nulu – zbog entropije je uvijek povoljnije imati mješavinu spinova gore i dolje, koliko god oni voljeli (lokalno) biti u istom smjeru.

*Ukupno: 14 bodova*

3. *Svjetlo u tami.* Radi vrlo točnog određivanja udaljenosti Mjeseca od Zemlje, astronauti Apolla su na Mjesečevu površinu postavili ravno ogledalo, na koje se sa Zemlje puca vrlo snažna laserska zraka. Naravno, pitanje je koliko mora biti snažna da bi ju bilo moguće vidjeti dolje na Zemlji.

(a) sa Zemlje se odašilje laserski snop promjera 2 m. Ako je ogledalo promjera 1 m, a detektor promjera 0.1 m, nađi intenzitet koji pada na detektor ako je intenzitet lasera  $I_0$ . Zanemari valnu prirodu svjetlosti. (2 boda)

(b) ako uzmemo u obzir valnu prirodu, nađi širinu laserskog snopa na Mjesecu pretpostavivši da je to 'nulti' maksimum difrakcijske slike. Za otvor pukotine uzmi promjer lasera, 2 m. Udaljenost Zemlja - Mjesec je  $L = 380000$  km. (4 boda)

(c) nađi stvarni intenzitet na detektoru, uzevši u obzir širinu zrake na Mjesecu iz (b) i smatrajući ogledalo također pukotinom otvora 1 m. (3 boda)

(d) koliki mora biti  $I_0$  ako je prag osjetljivosti detektora  $1 \mu\text{W}/\text{m}^2$ ? (2 boda)

*Ukupno: 11 bodova*

4. *Neonka.* Danas se neonska rasvjeta koristi više no ikad prije, uključujući klasične neonke i moderne štedne žarulje. U ovom zadatku ćemo promotriti način na koji neonska rasvjeta radi.

(a) Pretpostavimo staklenu cijev napunjenu plinom neonom koja sadrži dvije elektrode na svojim krajevima. Elektrode se drže na razlici potencijala  $U = 200$  V zbog čega se plin unutar cijevi ionizira – razdvaja na pozitivne ione i negativne elektrone. Ti slobodni naboji se potom ubrzavaju prema elektrodama i stvaraju struju. Kroz cijev se gibaju jednoliko ubrzano. Nađi maksimalnu brzinu elektrona i iona (tik prije nego udare u elektrodu). Masa elektrona je  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$  kg, masa iona  $m_i = 3.34 \cdot 10^{-26}$  kg. Pretpostavite da se čestice ne sudaraju u cijevi. (3 bod)

(b) Ako kroz neonku duljine  $L = 2$  m teče struja  $I = 100$  mA, nađi broj slobodnih elektrona i iona pod pretpostavkom da su jednaki. Tko više pridonosi struji? (3 boda)

(c) Ubrzani elektroni u cijevi se mogu sudariti s neutralnim atomom i predati mu dio energije. Ta energija ode u pobuđenje elektrona u atomu u višu ljusku. Nedugo potom atom se deekscitira, elektron pada natrag u svoju normalnu ljusku, a razliku energije izrači u obliku fotona. Nađi valnu duljinu fotona ako elektron pri sudaru izgubi  $\Delta E = 5.5$  eV. Kakvo je to zračenje? (3 boda)

(d) Da bi mogli vidjeti svjetlo neonke potreban je "prijelazni" materijal. To je prah s kojim se premazuje cijev. On upija fotone visoke energije i zrači fotone niže energije prosječne valne duljine  $\lambda = 580$  nm. Da bi to mogao potrebna su najmanje tri energetska nivoa. Skiciraj i naznači razliku energija među njima. (3 boda)

(e) Male neonske žarulje, takozvane tinjalice se koriste kao jednostavan pokazatelj tipa struje. Zasnivaju se na činjenici da će se elektroni lakše sudariti s plinom (i time emitirati svjetlo) ako imaju više energije. Kada tinjalicu spojimo na istosmjernu DC struju, samo će jedna elektroda svijetliti. Koja (+ ili -) i objasni! Što ako imamo izmjeničnu struju? (2 boda)

*Ukupno: 14 bodova*