

Ispit Fizika 2

(27. studeni 2013.)

"The Show Must Go On"

Farrokh Bulsara

1. *Uzgon.* U prvom zadatku na ispitu pozabavimo se malo uzgonom. Promotrimo prvo kako se podmornica ponaša u moru.

(a) Pretpostavimo da je podmornica kvadar visine $H = 5$ m, širine $W = 3$ m i duljine $L = 67$ m, težine $M = 800$ t. Izračunaj do koje visine h će podmornica biti uronjena u more. Gustoća morske vode je $\rho_m = 1020$ kg/m³. (3 boda)

(b) Koliko je potrebno povećati masu podmornice (bez promjene volumena) da cijela uroni u more i da ne djeluju nikakve sile na nju (neutralnost)? (3 boda)

(c) Zaronjena podmornica prelazi iz mora u rijeku, tj. iz područja slane vode u područje pitke vode manje gustoće ($\rho = 1000$ kg/m³). Kolika sila djeluje na podmornicu i u kojem smjeru? Koliko vode podmornica treba dodati/izbaciti da ponovno postigne neutralnost? (4 boda)

Ukupno: 10 bodova

2. *Adsorpcija.* Tema ovog zadatka je termodinamika vrlo važnog procesa adsorpcije nekog plina na dvodimenzionalnoj površini. Da budemo konkretni, zamislite savršeno glatku ravninu ugljikovih atoma (poznatu kao grafen) koja se nalazi u čistom heliju.

(a) Neka na grafenu postoji N mogućih mjesta na koja se može 'zakvačiti' atom helija, i neka je na n njih zaista atom. Ako svaki od atoma helija ima energiju vezanja $-U$, napiši ukupnu unutrašnju energiju svih adsorbiranih atoma. (2 boda)

(b) Da bismo našli broj adsorbiranih atoma n , moramo odrediti njihovu slobodnu energiju. Ako je entropija adsorbiranih atoma jednaka $S(n)$, napiši slobodnu energiju $F(n)$. (1 bod)

(c) Entropija $S(n)$ se lako može odrediti ako atomi helija (približno) miruju na svojim mjestima. Nađi broj mogućnosti da na N mjesta stavimo n (neraspoznatljivih) atoma, iskoristi Stirlingovu formulu $x! \approx e^{-x} x^x$ i pokaži da je entropija

$$S(n) = nk \ln \left(\frac{N}{n} - 1 \right) - Nk \ln \left(1 - \frac{n}{N} \right)$$

(6 bodova)

(d) uzmi da je $n \ll N$, zanemari što se zanemariti daje i napiši pojednostavljen izraz za $S(n)$. (2 boda)

(e) koristeći pojednostavljen $S(n)$ i slobodnu energiju iz (b), nađi broj adsorbiranih atoma n , ako za njih vrijedi $F = 0$. (4 boda)

NB Upravo ste izveli takozvano 'aktivacijsko ponašanje' koje se vrlo često pojavljuje kod problema u kojima se natječu entropija i energija vezanja.

Ukupno: 15 bodova

3. *Čarobna frula.* Od davnina ljudi prave jednostavna svirala koja se sastoje od šuplje cijevi, piska u koji se puše zrak iz usta te nekoliko rupica koje služe odabiru tona. Pisak služi kao čvrsti kraj za zračni val, dok su otvorena rupica ili otvor cijevi otvoreni kraj. Naša svirala ima tri rupe.

(a) Nacrtaj prva dva moda svirale sa zatvorenim rupama i napiši izraz za općenitu valnu duljinu za n -ti mod. (4 bod)

(b) Izračunaj frekvenciju osnovnih modova zatvorene svirale duljine $L = 162$ mm, svirale s otvorenom jednom rupom, dvije i tri? Rupe su udaljene od otvorenog kraja 33, 54 i 81 mm. Brzina zvuka je 340 m/s. (4 boda)

(c) Što se dogodi sa frekvencijom zvuka svirale ako se ne svira u zraku nego u heliju? Što se dogodi ako se svira u sumporovom heksafluoridu? Brzine zvuka su $c_{He} = 927$ m/s, $c_{SF_6} = 150$ m/s. (2 boda)

Ukupno: 10 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 boda)

(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? (4 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: 15 bodova