

Ispit Vol. 4

"Ja sam budućnost"

– Goran Bare

1. *Naočale*. TC je jedan od 60% ljudi koji moraju nositi naočale da bi bolje vidio. To se događa stoga što njegova vlastita očna leća ne fokusira dobro svjetlost. Leća zdravog oka svjetlost koja upada paralelno fokusira u jednu točku na stražnjem dijelu oka. Kod kratkovidnih ljudi leća fokusira svjetlost bliže, a kod dalekovidnih dalje od stražnjeg dijela oka.
 - (a) Skiciraj oko s očnom lećom i kako se fokusiraju upadne zrake u tri različita slučaja (normalno oko, dalekovidnost, kratkovidnost) (3 boda)
 - (b) Ako je žarišna daljina zdrave leće f_0 , kakav je odnos nje i žarišnih daljina kratkovidnih f_k i dalekovidnih f_d ljudi? (1 bod)
 - (c) Izračunaj kakvu leću i koje žarišne daljine treba dodati ispred oka da bi kratkovidno oko f_k postalo normalno? Izvrijedni za $f_0 = 24$ mm, $f_k = 22$ mm. (3 boda)
 - (d) TC gleda pučinu sa "superkul polarizirajućim naočalama" koje ne propuštaju horizontalno polarizirane valove. Intenzitet svjetla koji dolazi do naočala je I_0 . Ako je 80% tog intenziteta horizontalno polarizirana svjetlost, koji intenzitet svjetlosti će TC vidjeti? Nađi kut pod kojim mora gledati pučinu da ne bi vidio ništa? (3 boda)
 - (e) Koliko dolaznog intenziteta će pasti na oči ako se sada promatra svjetionik, koji nije polariziran? Koliko TC mora nagnuti glavu da bi vidio svjetionik i pučinu jednakim intenzitetom? (2 boda)

Ukupno: 12 bodova

2. *Svemirska odiseja*. Godina je 2055. i sveučilište je preseljeno u svemirsku postaju PMF. Tokom predavanja studentica Maria Arrivare priča, pa je profesor izbaci u svemir.
 - (a) Jednom u svemiru, razlika tlakova između vakuuma i Marijinih pluća je velika pa zrak slobodno izlazi. Tlak u plućima na početku je $p = 1$ bar. Ako je broj molekula koje izađu u sekundi $dN/dt = \eta = -\lambda N$, nađi ovisnost broja molekula u plućima o vremenu, tlaka u plućima o vremenu i vrijeme potrebno da tlak padne ispod 1 mbar. Izvrijedni za $\lambda = 7.3$ s⁻¹. Temperatura i volumen zraka u plućima su konstantni. (4 boda)
 - (b) Maria u ruci drži šalicu s čajem koji isparava zbog sniženog tlaka. Radijus cilindrične šalice je $r = 4$ cm. Ako poklopi šalicu rukom (pretpostavimo da ruka može hermetički zatvoriti šalicu) čaj prestane isparavati. Kolikom silom mora Maria pritiskati šalicu? (2 boda)
 - (c) Maria gubi toplinsku energiju zračenjem. Ako pretpostavimo da je Maria crno tijelo površine $A = 1.8$ m² i mase $m = 60$ kg, nađi snagu zračenja (golog tijela) u svemiru. Izračunaj snagu zračenja na Zemlji, kada je temperatura 22 °C. (3 boda)
 - (d) Ako je toplinski kapacitet tijela $C_p = 4200$ J/gK, izračunaj ovisnost temperature o vremenu provedenom u svemiru. Pretpostavi konstantnu snagu zračenja. Koliko vremena treba proći do hipotermije ($T_H = 35$ °C). Ako Maria u svemiru provede 15 s, koliko će joj pasti temperatura? (3 boda)
 - (e) Mariju, izmorenu ali živu, uvedu u prostoriju $3 \times 3 \times 2$ m³ koju pune sa zrakom komprimiranim u bocama. Otvori se boca od 4 L zraka na temperaturi 100 K i tlaku 2 bar koja potom ispunjava sobu. Ako je zrak dvoatomni idealni plin, koja će mu biti temperatura nakon što ispuni prostor? Koliko energije mora grijač predati plinu da temperatura plina bude ugodnih (za Mariu) 300 K? (4 boda)

Ukupno: 16 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 općenitu valnu jednadžbu 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. *Fotoluminiscencija.* U ovom zadatku ćemo proučiti fotoluminiscenciju: sposobnost materijala da isijava svjetlost nakon apsorpcije fotona. Prvo ćemo proučiti kvantni sustav koji vodi do efekta fluorescencije.

(a) Pokaži da nakon upijanja jednog fotona (valne duljine λ_ν) emitirani foton ne može imati kraću valnu duljinu. (1 bod)

(b) Molekula je kvantni harmonički oscilator, pa zbog toga postoje vibracijski energetski nivoi. Osnovno stanje kvantnog oscilatora je $E_0 = 2.5$ meV. Ako je temperatura sustava 300 K, u kojem energetskom nivou će molekula biti? Skiciraj! (3 boda)

(c) Sada promotrimo molekulu koja se sastoji od tri elektronska stanja, $E_0 = -7$ eV, $E_1 = -5.23$ i E_2 . Iz osnovnog stanja elektron pobudimo fotonom valne duljine 300 nm. Izračunaj energiju E_2 . Skiciraj energije! Nakon niza procesa pri kojima predaje energiju molekuli u obliku topline, elektron dođe iz E_2 u E_1 stanje. Koliko energije preda molekuli? Iz E_1 stanja se relaksira u E_0 stanje emisijom fotona. Koja je valna duljina emitiranog fotona? (4 boda)

(d) Ako je vjerojatnost emisije fotona u sekundi dana s Γ , nađi vrijeme poluživota? Izvrijedni za $\Gamma = 10^{10} \text{ s}^{-1}$. Neodređenost u energiji za ta dva nivoa je $\Delta E \approx 2$ eV. Ocijeni prema Heisenbergovoj formuli vrijeme poluraspada. Vrijedi li ta formula u ovom slučaju? (4 boda)

Ukupno: 12 bodova