

MODERNA FIZIKA II

Kolokvij 6. 6. 2023.

ZADATAK 1 Tlak p i gustoća energije u zračenja crnog tijela povezani su relacijom

$$p = \frac{u}{3}$$

koja se može izvesti iz jednadžbe stanja fotonskog plina i termodinamike. Izračunajte:

- (a) tlak zbog zračenja crnog tijela koje dolazi iz jezgre Sunca gdje je temperatura oko $1,6 \cdot 10^7$ K.
 (b) temperaturu potpuno ionizirane vodikove plazme masene gustoće $\rho = 0,1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, na kojoj je tlak zračenja crnog tijela jednak tlaku zbog gibanja čestica plazme. Na dovoljno visokim temperaturama možemo uzeti da plazma zadovoljava jednadžbu idealnog plina $p = nk_B T$.

Uputa: pod (b), primijetite da je $n = 4n'$ u potpuno ioniziranoj plazmi, gdje je n gustoća zbog protona i elektrona, a n' gustoća molekula vodika H_2 . U masenu gustoću ulaze samo protoni jer elektroni imaju zanemarivu masu u odnosu na elektrone.

ZADATAK 2 (a) Atom s dvije energijske razine E_1 i E_2 ($E_1 < E_2$) postavljen je u rezonantnu šupljinu lasera i nalazi se u toplinskoj ravnoteži sa zračenjem crnog tijela unutar šupljine na temperaturi T .

(a) Promatramo višu energijsku razinu i pretpostavimo da je brzina promjene naseljenosti zbog stimulirane emisije jednaka brzini promjene naseljenosti zbog spontane emisije. Pokažite da je u tom slučaju ispunjen uvjet

$$k_B T = \frac{\hbar \omega_{21}}{\ln 2}$$

gdje je $\hbar \omega_{21} = E_2 - E_1$.

(b) Ako su ostvareni uvjeti pod (a), koliki je omjer populacija po stanju za višu N_2/g_2 i nižu razinu N_1/g_1 ?

Uputa: pod (b), koristite lasersku jednadžbu za brzinu promjene populacije na višoj razini

$$\frac{dN_2}{dt} = N_1 B_{12} \rho(\omega_{21}) - N_2 B_{21} \rho(\omega_{21}) - N_2 A_{21}$$

u stacionarnom stanju ($dN_2/dt = 0$).

ZADATAK 3 Proton kinetičke energije $T = 1,5$ MeV uhvaćen je u deuterom ${}^2\text{H}$ (deuteron je jezgra deuterija) pri čemu nastaje ${}^3\text{He}$. Nađite energiju pobuđenja formirane jezgre u jedinicama MeV. Masa mirovanja za proton glasi $m_p = 1,007276$ u, za deuteron $m_D = 2,013553$ u, a za ${}^3\text{He}$ glasi $m_{\text{He}} = 3,016029$ u.

ZADATAK 4 Točkasti radioaktivni izvor aktivnosti 18 mCi emitira dva γ -kvanta energija 0,80 MeV i 1,00 MeV po raspadu. Zanemarite apsorpciju kvanata u zraku te nađite minimalnu udaljenost od izvora pri kojoj je ekspozicijska doza zračenja po jediničnom vremenu P jednaka dozvoljenoj dozi za vrijeme 36-satnog radnog tjedna, $0,78 \mu\text{R}\cdot\text{s}^{-1}$. Koeficijent apsorpcije γ -kvanata za zrak pri energiji 0,80 MeV iznosi $\tau_z = 3,72 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$, a za energije 1,00 MeV iznosi $\tau_z' = 3,57 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$.

Uputa: koristite jednadžbu (6.12) iz Pregleda formula. Pretvorba jedinica: 1 curie = 1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq te 1 röntgen = 1 R = $6,77 \cdot 10^4 \text{ MeV}\cdot\text{cm}^{-3}$ u zraku.

ZADATAK 5 Čestica Σ^+ -hiperon s impulsom $p_\Sigma = 900 \text{ MeV}/c$ raspada se tijekom gibanja u pozitivni pion (π -mezon) i neutralnu česticu. Pion je izbačen s impulsom $p_\pi = 200 \text{ MeV}/c$ pod kutom $\theta = 60^\circ$ u odnosu na početni smjer gibanja hiperona. Nađite:

- (a) masu neutralne čestice. Možete li procijeniti o kojoj se čestici radi?
 (b) Q -vrijednost ovog raspada.