

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2005/06.
Srednje škole - 4. grupa

1. zadatak (10 bodova)

Pretpostavi da si zaposlena/zaposlen u ubrzivaču protona i da si zaboravila/zaboravio gradivo iz specijalne teorije relativnosti. Za koliki faktor ćeš pogriješiti u izračunavanju količine gibanja protona kinetičke energije 100GeV na nerelativistički način s obzirom na suradnika koji ispravno primjenjuje specijalnu teoriju relativnosti? Masa mirovanja protona je $1,6726 \cdot 10^{-27}$ kg.

2. zadatak (10 bodova)

Sloj leda indeksa loma 1,309 pliva na površini vode indeksa loma 1,333. Zraka svjetlosti s dna bare širi se prema gore kroz vodu. Koliki je najveći kut s obzirom na okomicu pod kojim zraka može dolaziti s dna na granicu vode i leda da bi još uvijek izašla iz leda u zrak? Koliki je taj kut u vodi nakon što se led otopi?

3. zadatak (10 bodova)

Tanki sloj MgF_2 indeksa loma 1,38 i debljine 10^{-5} cm koristi se kao premaz leća za kamere koje su načinjene od stakla indeksa loma 1,6. Je li koja valna duljina u vidljivom dijelu spektra (400-700nm) interferencijom pojačana u reflektiranoj svjetlosti?

4. zadatak (10 bodova)

U kojem najnižem redu treba promatrati Braggovu difrakciju rendgenskog zračenja valne duljine 21,23pm da bi se razlučilo maksimume difrakcije na kristalnim ravninama međusobno udaljenim 122,2pm od maksimuma difrakcije na ravninama međusobno udaljenim 122,8pm, ako je kutna razlučivost mjernog uređaja 3 kutne minute?

5. zadatak (10 bodova)

Uzorak vodikovih atoma obasjan je svjetlošću valne duljine 85,5nm zbog čega je primijećeno da iz uzorka izlijeću elektroni. Kolika je kinetička energija tih fotoelektrona ako su atomi vodika početno u osnovnom stanju? Primijećen je i manji broj elektrona kinetičke energije za 10,2eV veće od ove koju ste izračunali. Kako je to moguće?

Konstante:

brzina svjetlosti $c=3 \cdot 10^8$ m/s

naboj elektrona $e=-1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Planckova konstanta $h=6,626 \cdot 10^{-34}$ J s

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2005/06.

Srednje škole - 4. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak 1 (10 bodova)

U nerelativističkom slučaju kinetička energija je $K = \frac{mv^2}{2}$, pa je količina gibanja

$$p_n = \sqrt{2Km}, \text{ gdje je } m=1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg masa protona.} \quad (2 \text{ boda})$$

Uvrštavanjem $K=100\text{GeV}=1,6 \cdot 10^{-8}\text{J}$ dobije se $p_n = 7,316 \cdot 10^{-18}\text{kgm/s}$. (1 bod)

U relativističkom slučaju energija je zbroj kinetičke energije i energije mirovanja

$$E = K + mc^2. \quad (1 \text{ bod})$$

Veza energije i količine gibanja je $E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$. (2 boda)

Kvadriranjem prve i izjednačavanjem s drugom jednačbom dobije se

$$K^2 + 2Kmc^2 - p^2c^2 = 0 \text{ iz čega slijedi } p_{rel} = \sqrt{2Km + \frac{K^2}{c^2}}. \quad (2 \text{ boda})$$

Uvrštavanjem se dobije $p_{rel} = 5,383 \cdot 10^{-17}\text{kgm/s}$. (1 bod)

Faktor razlikovanja je $p_{rel} / p_n = 7,358$. (1 bod)

2. zadatak (10 bodova)

Za zraku koja iz vode prelazi u led zakon loma daje: $n_v \sin \alpha = n_L \sin \beta$, gdje je α kut

između okomice i zrake u vodi, β kut između okomice i zrake u ledu, a $n_v=1,333$

indeks loma vode i $n_L=1,309$ indeks loma leda. (2 boda)

(Slika donosi (1 bod) ako gore već nisu dodijeljena 2 boda.)

Za prijelaz iz leda u zrak je $n_L \sin \beta = n_Z \sin \gamma$, gdje je γ kut između okomice i zrake

u zraku, a $n_Z=1$ indeks loma zraka. (1 bod)

Granični kut α_M pri kojem će zraka izlaziti u zrak je onaj za koji je $\gamma=90^\circ$.

$$\text{Slijedi } \sin \alpha_M = \frac{n_Z}{n_v} = 0,75. \quad (2 \text{ boda})$$

Da bi zraka izišla u zrak, kut između okomice i nje u vodi mora biti manji od $\alpha_M=48,6^\circ$. (1 bod)

Pritom je kut u ledu dan sa $\sin \beta = \frac{n_v \sin \alpha_M}{n_L} = 0,764$, to jest $\beta=49,8^\circ$, što znači da je

širenje kroz led moguće. (1 bod)

Pri većem kutu α dogodi se potpuna refleksija na granici led-zrak. (1 bod)

Nakon topljenja leda granični kut za prijelaz iz vode u zrak dan je sa

$$\sin \alpha_M = \frac{n_Z}{n_v} = 0,75, \text{ dakle opet je } \alpha_M=48,6^\circ \quad (2 \text{ boda})$$

3. zadatak (10 bodova)

Zraka koja dolazi na površinu MgF_2 dijelom se reflektira, a dijelom prolazi do granice sa staklom gdje se reflektira te promatramo interferenciju tih dviju zraka.

Ovaj opis ili slika donose **(2 boda)**

Obje zrake dobivaju skok od $\lambda/2$ zbog refleksije na optički gušćem sredstvu. **(1 bod)**

Stoga je razlika njihovih optičkih puteva $2nd + \lambda/2 - \lambda/2$, gdje je n indeks loma MgF_2 , a d debljina njegovog sloja. **(2 boda)**

Pojačanje u reflektiranoj svjetlosti znači konstruktivnu interferenciju tih dviju zraka, pa je $2nd = k\lambda$, gdje je k cijeli broj. **(1 bod)**

Uvrštavanjem $d = 10^{-7}\text{m}$ i $n = 1,38$ dobije se valna duljina za koju je refleksija najintenzivnija $\lambda = \frac{2nd}{k} = \frac{276\text{nm}}{k}$. **(2 boda)**

Niti jedna vrijednost za k ne daje λ u području 400-700nm, t.j. u vidljivom području svjetlost se ne reflektira konstruktivnom interferencijom. **(2 boda)**

4. zadatak (10 bodova)

Braggovi maksimumi difrakcije rendgenskih zraka na ravninama međusobno

udaljenim za d_1 (d_2) javljaju se pod kutom θ_1 (θ_2) danim s $2d_1 \sin \theta_1 = k\lambda$

($2d_2 \sin \theta_2 = k\lambda$), gdje je $\lambda = 21,23\text{pm}$, a k je red difrakcije. **(4 boda)**

(Slika donosi **(2 boda)** ako gore već nisu dodijeljena 4 boda.)

Pitanje je koliki mora biti k da bi se θ_1 i θ_2 razlikovali barem za $3'$ (razlučivost uređaja). **(1 bod)**

Kutovi su $\theta_1 = \arcsin \frac{k\lambda}{2d_1}$ i $\theta_2 = \arcsin \frac{k\lambda}{2d_2}$. **(2 boda)**

Za $k=1$ je $\theta_1 - \theta_2 = 1,46'$, za $k=2$ je $\theta_1 - \theta_2 = 2,96'$ i za $k=3$ je $\theta_1 - \theta_2 = 4,53'$. To znači da će difrakcija na ravninama udaljenim d_1 biti razlučiva od difrakcije na ravninama udaljenim d_2 tek u trećem redu. **(3 boda)**

5. zadatak (10 bodova)

Spektar dopuštenih energija elektrona u vodikovu atomu dan je s $E_n = -13,6\text{eV} \cdot \frac{1}{n^2}$,

gdje je $n=1,2,3, \dots$ **(2 boda)**

Kad elektron u osnovnom stanju apsorbira foton valne duljine λ , konačna energija mu

je $K = E_1 + \frac{hc}{\lambda}$. **(2 boda)**

$hc/\lambda = 2,325 \cdot 10^{-18}\text{J} = 14,53\text{eV}$, pa je $K = -13,6\text{eV} + 14,53\text{eV} = 0,93\text{eV} = 1,488 \cdot 10^{-19}\text{J}$. $K > 0$ pa je to kinetička energija slobodnog izletjelog elektrona. **(3 boda)**

Ako je K za $10,2\text{eV}$ veća, onda je i energija početnog stanja za $10,2\text{eV}$ veća od E_1 , t.j.

iznosi $-3,4\text{eV}$. To je upravo energija $E_2 = -\frac{13,6\text{eV}}{2^2} = -3,4\text{eV}$. To znači da taj mali

broj izletjelih elektrona dolazi iz prvog pobuđenog stanja. **(3 boda)**