ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 23. veljače 2015.
Srednje škole - 4. skupina

Zadatak 1 (10 bodova)

Žarna nit žarulje i zaslon postavljeni su na stalnu međusobnu udaljenost od 3m. Konvergentna leća postavljena na određeno mjesto između žarulje i zaslona proizvodi oštru sliku žarne niti na zaslonu. Kada se leća s tog položaja pomakne za 1m prema žarulji, opet se dobije oštra slika. Iz ovog eksperimenta odredite:

a) žarišnu daljinu leće
b) veličinu žarne niti, ako se veličina njene slike promijenila za 3cm prilikom opisanog pomaka leće.

Zadatak 2 (10 bodova)

Pomoću interferometra može se vrlo precizno mjeriti indeks loma prozirnih materijala. Izveden je tako da se jedna zraka jednobojne svjetlosti valne duljine 589nm rascijepi na dvije, potom one prolaze svaka duž zatvorene posudicu duljine 10cm i nakon prolaska dvije se zrake dovedu do interferiranja te na zaslonu promatraju svijetle i tamne pruge. Kad je u obje posudice zrak indeksa loma 1,000277, na zaslonu se opaža početna interferentna slika. Zamjenom zraka amonijakom u gornjoj posudici, interferentna slika pomakne se prema gore za 19 pruga. Koliki je indeks loma amonijaka?

Zadatak 3 (10 bodova)

Nedavno je uočeno da se odmotavanjem samoljepljive vrpce s koluta (tzv. selotejp) pojavljuje rentgensko zračenje, a u jednom pokusu uspješno je snimljena i rentgenska slika prsta. Objasnite kako do tog zračenja dolazi prisjećajući se kako rentgenska cijev proizvodi zračenje i imajući u vidu da ljepljiva strana vrpce ima drugačija svojstva zadržavanja naboja nego neljepljiva! Kolika je kinetička energija elektrona koji je proizveo rentgensku zraku valne duljine $8{,}28\cdot10^{-11}$m? Uočeno je da se zračenje javlja u pulsevima koji traju 1ns, a razmak od završetka jednog do početka drugog pulsa je 11ns. Koliko je fotona emitirano tijekom jednog pulsa ako je unutar dugog vremenskog intervala (npr. 1s) izmjerena prosječna snaga emitiranog rendgenskog zračenja 10mW, pretpostavljajući da je svo zračenje navedene valne duljine? Emisija rendgenskog zračenja uočena je prilikom rada u vakuumu. Zbog čega se ne moramo bojati tog zračenja odmatajući selotejp u zraku? Odmatajući selotejp u zraku i mraku možete vidjeti barem slabašnu svjetlost.

Zadatak 4 (10 bodova)

Sunce zrači približno kao crno tijelo temperature 5700K. Bakrena sfera koju možemo smatrati crnim tijelom nalazi se na udaljenosti 1a.j. (astronomska jedinica) od Sunca, a gotovo isto toliko je od Sunca udaljena i Zemlja. Kolika je ravnotežna temperatura sfere? Kutni promjer Sunca gledano sa Zemlje je 0,5°. Kad ne bi bilo stakleničkog učinka i drugih realnosti Zemlje i njene atmosfere, i ona bi postigla toliku temperaturu.

Zadatak 5 (10 bodova)

Francuski fizičar Armand Fizeau vrlo je precizno izmjerio brzinu svjetlosti. Također je eksperimentalno pronašao da u rezervoaru s vodom, koji se u laboratorijskom sustavu giba brzinom V, brzina svjetlosti s obzirom na laboratorijski sustav iznosi $v=c/n+k\cdot V$. n=1,333 je indeks loma vode. On je konstantu k odredio eksperimentalno, a vi je odredite računom preko relativističkih transformacija i usput pokažite da se dobije navedeni izraz za brzinu!

NAPOMENA: Za X<<1 približno vrijedi 1/(1-X)≈1+X, 1/(1+X)≈1-X, $\sqrt{1-X}\approx$1-X/2.
KONSTANTE: Planckova konstanta $h=6{,}626\cdot10^{-34}$Js, brzina svjetlosti $c=3\cdot10^{8}$m/s, $1\text{eV}=1{,}6\cdot10^{-19}$J.

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 23. veljače 2015.
Srednje škole – 4. skupina
Rezultati i smjernice za bodovanje

Zadatak 1. (10 bodova)

Jednadžba za tanku leću je $\frac{1}{x_1}+\frac{1}{d-x_1}=\frac{1}{f}$, gdje je x_1 udaljenost predmeta od leće, a d-x_1 udaljenost slike od leće, pri čemu su slika i predmet međusobno udaljeni za d. **(1b)**

Rješenja ove kvadratne jednadžbe su $x_1=\frac{d}{2}\pm\sqrt{\frac{d^2}{4}-fd}$. **(1b)**

Drugi položaj pri kojem se također javlja oštra slika određen je s x_2 za koji vrijedi ista jednadžba koja stoga ima i ista rješenja. **(1b)**

Položaji predmeta za koje se javljaju oštre slike razlikuju se za $\sqrt{d^2-4fd}$, što je jednako izmjerenom pomaku leće l. **(1b)**

Slijedi $f=\frac{d^2-l^2}{4d}$ =2/3 m. **(1b)**

Udaljenosti leće od žarulje i leće od slike su 2m i 1m prije pomicanja te 1m i 2m nakon pomicanja. **(1b)**
Veličina slike izražena preko veličine žarne niti y je 0,5y prije pomicanja i 2y nakon pomicanja. **(1b)**
Iz zadanog 2y - 0,5y = 3cm dobije se y = 2cm. **(1b)**
Ispravna slika opisane situacije donosi **(2b)**

Zadatak 2. (10 bodova)

Zraka koja prolazi kroz gornju posudu s amonijakom indeksa loma n_a duljine d prijeđe optički put dn_a+l_1, gdje je l_1 duljina puta od mjesta izlaska iz plina do zaslona na mjestu promatrane svijetle pruge. **(1b)**
Zraka koja prolazi kroz donju posudu sa zrakom indeksa loma n_z duljine d prijeđe optički put dn_z+l_2, gdje je l_2 duljina puta od mjesta izlaska iz plina do zaslona na mjestu iste svijetle pruge. **(1b)**
Ispravna slika te situacije donosi **(1b)**
Za slučaj zrak-zrak maksimum reda k javlja se pod uvjetom $dn_z+l_1-dn_z-l_2= l_1-l_2=k\lambda$. **(1b)**
Za slučaj amonijak-zrak maksimum reda k' javlja se pod uvjetom $dn_a+l_1-dn_z-l_2=d(n_a-n_z)+ l_1-l_2=k'\lambda$. **(1b)**
Da bi se za zamjenu zraka amonijakom dogodio pomak od 19 pruga, mora biti $k'-k=19$. **(2b)**
Stoga je $d(n_a-n_z)=(k'-k)\lambda=19\lambda$. **(2b)**
Slijedi $n_a=n_z+19\lambda/d=1{,}000389$. **(1b)**

Zadatak 3. (10 bodova)

Odvajanjem jednog sloja vrpce od ostatka koluta dolazi do razdvajanja naboja. Prilikom nakupljanja naboja raste električno polje među plohama vrpci i dolazi do proboja (ionizacija i tok struje) pa elektroni jure prema suprotnoj plohi. Prilikom udara u materijal dolazi do njihovog naglog kočenja pri čemu se emitira elektromagnetsko zračenje. **(3b)**
Kinetička energija elektrona koju je stekao zbog razlike potencijala među razdvojenim plohama pretvori se u energiju izračenog fotona: $E_f = h\nu = hc/\lambda = 2{,}4\cdot10^{-15}$ J = 15 keV. (Napon među plohama je stoga 15kV.) **(2b)**
Energija emitirana tijekom jednog perioda (puls+razmak) iznosi $P\Delta t$=10mW·12ns.
Ta energija se emitira tijekom svakog pulsa u obliku $N = P\Delta t/E_f$ = 50000 fotona. **(3b)**
U prisustvu zraka prije se dogodi proboj i energija elektrona je mnogo manja pa nema rentgenskih frekvencija. **(2b)**

Zadatak 4. (10 bodova)

Sunce zrači snagom $P = 4\pi R_S^2 \sigma T_S^4$ (T_S je temperatura površine, a R_S polumjer Sunca). **(1b)**

Intenzitet na udaljenosti d od njegovog središta iznosi $I = \dfrac{4\pi R_S^2 \sigma T_S^4}{4\pi d^2}$. **(1b)**

Sfera apsorbira zračenje kao krug polumjera r, **(1b)**

pa je apsorbirana snaga $P_a = Ir^2\pi = \dfrac{R_S^2 \sigma T_S^4}{d^2} \cdot \pi r^2$. **(1b)**

Sfera zrači jednoliko u svim smjerovima snagu $P_z = 4\pi r^2 \sigma T^4$. **(1b)**

U ravnoteži apsorbirana snaga je emitirana, **(1b)**

pa se iz $P_a = P_z$ dobije $T = T_S \sqrt[4]{\left(\dfrac{R_S}{2d}\right)^2}$. **(1b)**

Kutni promjer Sunca je $\varphi = \dfrac{2R_S}{d}$, koji inače iznosi φ=0,5°=0,008727rad. **(1b)**

Slijedi $T = T_S \dfrac{\sqrt{\varphi}}{2} = 266,2\text{K}$. **(2b)**

Zadatak 5. (10 bodova)

Koordinate u laboratorijskom sustavu su x i t, a u sustavu rezervoara vode x' i t'. Tada vrijede relativističke transformacije $x = \dfrac{x'+Vt'}{\sqrt{1-\dfrac{V^2}{c^2}}}$ i $t = \dfrac{t'+\dfrac{Vx'}{c^2}}{\sqrt{1-\dfrac{V^2}{c^2}}}$, gdje je V brzina rezervoara u laboratorijskom sustavu i c brzina svjetlosti. **(1b)**

Dijeljenjem ta dva izraza dobije se $v = \dfrac{v'+V}{1+\dfrac{Vv'}{c^2}}$, gdje je v brzina u laboratorijskom sustavu i v' brzina u sustavu rezervoara. **(2b)**

Za V<<c može se uzeti $\dfrac{1}{1+\dfrac{Vv'}{c^2}} \approx 1-\dfrac{Vv'}{c^2}$. **(1b)**

Tada je $v \approx (v'+V)\left(1-\dfrac{Vv'}{c^2}\right) = v'+V-Vv'^2/c^2-V^2v'/c^2$. **(1b)**

$v'=c/n$ je brzina svjetlosti u sustavu rezervoara vode indeksa loma n=1,333. **(1b)**

$Vv'^2 << V^2v'$ pa za brzinu svjetlosti u laboratorijskom sustavu preostaje $v = \dfrac{c}{n} + \left(1-\dfrac{1}{n^2}\right)V$. **(2b)**

$1-1/n^2=0,437$ pa je $v=c/n+0,437\cdot V$, tj. traženi k=0,437. **(2b)**