ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2010/11 – 8. ožujka 2011.
Srednje škole - 4. skupina

1. zadatak (10 bodova)

Teleskop načinjen od dva zrcala, kako je prikazano na slici, naziva se Cassegrainov reflektor. Nakon refleksije na primarnom (širem) i sekundarnom (užem) zrcalu svjetlost izlazi iz teleskopa kroz otvor na primarnom zrcalu. Polumjer zakrivljenosti primarnog konkavnog zrcala je 5m, a sekundarnog konveksnog 3m. Pomoću teleskopa želimo detektorom udaljenim 15cm od tjemena primarnog zrcala, izvan teleskopa, snimiti udaljenu galaksiju. Na koliku međusobnu udaljenost treba postaviti dva zrcala, mjereći od tjemena do tjemena? Je li slika realna/imaginarna i uspravna/obrnuta?

2. zadatak (10 bodova)

Monokromatska svjetlost upada okomito na prepreku na kojoj su dvije uske pukotine razmaknute 3mm. Na zidu udaljenom 2m od prepreke i paralelnom s preprekom nastaju interferentne pruge. Kada preko jedne pukotine stavimo tanku staklenu pločicu debljine 0,02mm, sve pruge se pomaknu za 8mm. U koju stranu se pomiču pruge? Koliki je indeks loma staklene pločice?

3. zadatak (10 bodova)

Svemirski brod mase 30000 kg miruje u međuzvjezdanom prostoru gdje na njega ne djeluju nikakve sile. Zamisli da za pogon koristi laser snage 100 kW čiji snop usmjeri u svemir da bi se pokrenuo. Za koliko vremena bi mu brzina dosegla 1m/s ?
Znajući da su masa i snaga usporedive sa cestovnim vozilima, koja znatno brže ubrzavaju, objasni zašto laserski pogon nije ni približno toliko efikasan kao motorni pogon iste snage, te predloži efikasnije rješenje za pogon svemirskog broda!

4. zadatak (10 bodova)

Udaljenost atoma u kristalu može se određivati i iz eksperimenata difrakcije elektrona. Snop elektrona ubrzan razlikom potencijala 54V upada okomito na ravninu kristala u kojoj su atomi smješteni u čvorove kvadratne mreže. Detektorom je izmjereno da se snop reflektira s velikim intenzitetom pod najmanjim kutom od 50º s obzirom na dolazni snop. Koliki je razmak među najbližim susjednim atomima u kristalu?

5. zadatak (10 bodova)

Energija ionizacije vodikova atoma je 13,6eV. Jedina vidljiva svjetlost u emisijskom spektru plinovitog vodika nastaje kad elektroni prelaze u drugu po redu energijsku razinu (u prvo pobuđeno stanje, tzv. Balmerov niz linija) iz viših energijskih stanja. Kolike su valne duljine svih tih emitiranih vidljivih linija (u području 400-700 nm)?
Udaljena zvjezdana maglica emitira uglavnom linije iz vodikova spektra. Primijećeno je pomicanje spektralne linije valne duljine 434 nm za 130 nm prema višim valnim duljinama. Kolikom se brzinom giba maglica i da li nam se približava ili udaljava od nas?
Za koliko su pomaknute ostale valne duljine izračunate u prvom dijelu zadatka?
Da li se za ovako gibajuću maglicu promatrajući sa zemlje pojavljuje više ili manje spektralnih linija u vidljivom dijelu spektra nego za mirujući vodikov plin?

h=6,626·10^{-34}Js, c=3·10^{8}m/s, ε_0=8,854·10^{-12}F/m, e=1,6·10^{-19}C

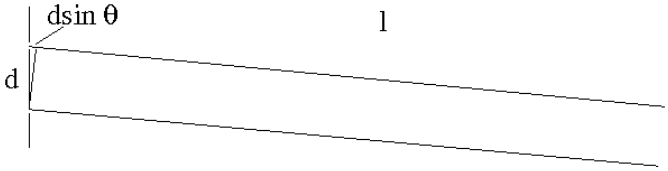
ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2010/11 – 8. ožujka 2011.

Srednje škole - 4. skupina – rješenja i bodovanje

1. zadatak (10 bodova)

Za refleksiju na većem konkavnom zrcalu polumjera zakrivljenosti R_1 vrijedi $\frac{1}{x}+\frac{1}{x_1}=\frac{2}{R_1}$, pri čemu je x vrlo velika udaljenost predmeta od zrcala, pa je položaj slike $x_1=R_1/2=2{,}5$m lijevo od tjemena. **(2 b)**
Da bi se sliku snimilo na detektoru, ona mora biti realna. **(1 b)**
Stoga u jednadžbi $\frac{1}{x_2}+\frac{1}{x_3}=-\frac{2}{R_2}$ udaljenost slike od tjemena konkavnog zrcala mora biti $x_3>0$, a odatle i $x_2<0$, tj. slika je virtualni predmet za konveksno zrcalo koje samo tako može proizvesti konačnu realnu sliku. **(2 b)**
Uzimajući $x_3=d+l$, gdje je l=15cm zadana udaljenost detektora od teleskopa i d međusobna udaljenost tjemena zrcala, te $-x_2=x_1-d$, dobije se $-\frac{1}{x_1-d}+\frac{1}{d+l}=-\frac{2}{R_2}$. **(2 b)**
Smisleno rješenje ove kvadratne jednadžbe je pozitivno: d=1.676m. **(2 b)**
Slika je uspravna, što se lako pokaže crtanjem dviju karakterističnih zraka. **(1 b)**

2. zadatak (10 bodova)



Interferencijski maksimum se pojavljuje za $d\sin\theta=k\lambda$. **(1 b)**
Pruga je pomaknuta za $a=l\sin\theta$ od simetrale na zidu. **(1 b)**
Umetanjem pločice debljine b na jednu pukotinu, optički put te zrake se promijeni za bn-b. **(1 b)**
Tada je uvjet za maksimum $d\sin\theta'+b(n-1)=k'\lambda$, a pomak pruge je $a'=l\sin\theta'$. **(2 b)**
Promatramo pomicanje iste pruge pa je $k=k'$. **(1 b)**
Budući da je $n>1$ pruge se pomiču prema onoj strani na kojoj je umetnuta pločica. **(1 b)**
Kombiniranjem svih izraza slijedi $d\cdot\frac{a}{l}=d\cdot\frac{a'}{l}+b(n-1)$ iz čega je indeks loma $n=1+\frac{d}{l}\cdot\frac{a-a'}{b}$. **(2 b)**
Za a-a'=8mm, b=0,02mm, d=3mm i l=2m, dobije se n=1,6. **(1 b)**

3. zadatak (10 bodova)

Impuls sile na brod dolazi od emitiranih fotona, jer svaki foton valne duljine λ doprinosi količinom gibanja $\frac{h}{\lambda}$. **(1 b)**

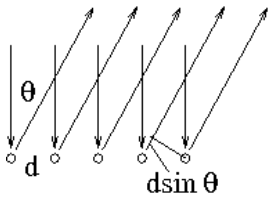
Broj fotona emitiranih u vremenu Δt je $\Delta N=\frac{P\Delta t}{h\nu}$, gdje je P snaga lasera, a $h\nu$ energija fotona. **(2 b)**

Promjena količine gibanja broda u vremenu Δt je $m\Delta v=\frac{P\Delta t}{h\nu}\cdot\frac{h}{\lambda}$. **(2 b)**

Brzina će porasti do Δv za vrijeme $\Delta t=\frac{mc\Delta v}{P}$ =$9\cdot10^7$s=2,85 godina. **(2 b)**

Ubrzanje je toliko maleno zbog male količine gibanja koju nosi foton dane energije. **(1 b)**
Efikasniji pogon bi bio ostvaren izlijetanjem masivnijih čestica koje će uz istu energiju doprinositi mnogo većom količinom gibanja. **(2 b)**

4. zadatak (10 bodova)



Valna duljina elektrona je $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mE}} = \frac{h}{\sqrt{2meV}} = 1{,}669 \cdot 10^{-10}$m. **(4 b)**

Maksimum difrakcije javlja se pod kutom θ za koji je $d \sin\theta = k\lambda$. **(3 b)**

Za najmanji kut je $d = \frac{\lambda}{\sin\theta} = 2{,}18 \cdot 10^{-10}$m. **(3 b)**

5. zadatak (10 bodova)

Spektar energija vodikova atoma dan je s $E_n = -13{,}6eV \cdot \frac{1}{n^2}$. **(1 b)**

Valne duljine fotona emitiranih pri prijelazu elektrona u stanje n=2 iz viših stanja stoga su

$$\lambda_{m,2} = \frac{hc}{13{,}6eV\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}\right)}.$$ **(1 b)**

Račun daje u području 400-700nm: $\lambda_{3,2}$=656,4nm, $\lambda_{4,2}$=486,2nm, $\lambda_{5,2}$=434,1nm, $\lambda_{6,2}$=410,2nm. **(1 b)**
Budući da su valne duljine svjetlosti koja dolazi iz maglice pomaknute prema višim vrijednostima, frekvencije su pomaknute prema nižim, pa zaključujemo da se maglica udaljava od nas. **(1 b)**

Stoga su Doppler-pomaknute frekvencije $f' = f\sqrt{\frac{c-v}{c+v}}$, a valne duljine $\lambda' = \lambda\sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$. **(1 b)**

Iz prethodne jednadžbe proizlazi $v = c \cdot \frac{\lambda'^2 - \lambda^2}{\lambda'^2 + \lambda^2}$. **(1 b)**

Uz λ=434,1nm i λ'=564,1nm dobije se v = 0,256c. **(1 b)**

Za ostale valne duljine pomaci se dobiju iz $\lambda' = \lambda\sqrt{\frac{c+v}{c-v}} = 1{,}3 \cdot \lambda$. **(1 b)**

Račun daje ostale pomake: λ'_{32}=853,3nm, λ'_{42}=632,1nm, λ'_{62}=533,3nm. **(1 b)**
Jedna linija izlazi van vidljivog dijela spektra, no nešto više ih ulazi u vidljivi dio jer su pri manjim valnim duljinama linije mnogo gušće, tako da je u slučaju gibanja maglice više vidljivih linija nego za mirujući vodik. **(1 b)**