

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2007/2008 – 18. ožujka 2008.
Srednje škole – 4. grupa

1. zadatak (12 bodova)

Svijeća se nalazi 25cm od konveksnog zrcala polumjera 20cm. Konvergentna leća žarišne daljine 32cm udaljena je 85cm od svijeće. Gdje nastaje slika, koliko je velika i kakva je? Skiciraj putanje zraka svjetlosti i nastanak slika!

2. zadatak (10 bodova)

Tri idealna polarizatora postavljena su tako da os polarizacije drugoga čini 45° s osi prvoga i os trećega 90° s osi prvoga. Na sustav upada nepolarizirana svjetlost intenziteta $80\text{W}/\text{cm}^2$. Koliki je intenzitet svjetlosti pri izlazu nakon sva tri polarizatora i kakvo joj je stanje polarizacije? Koliki je izlazni intenzitet ako se srednji polarizator ukloni i koliko energije tada apsorbira prvi, a koliko zadnji polarizator pod pretpostavkom da oni ne reflektiraju svjetlost?

3. zadatak (10 bodova)

Uska pukotina obasjana svjetlošću frekvencije f proizvodi prvi ogibni minimum pod kutovima $\pm 38,2^\circ$. Kad se uređaj (pukotina, zaslon, prostor između njih) uroni u tekućinu, prve tamne pruge nastaju pod kutovima $\pm 17,4^\circ$. Koliki je indeks loma tekućine? Kolika je valna duljina svjetlosti u tekućini ako je širina pukotine 900nm ?

4. zadatak (10 bodova)

Neka je polumjer atomske jezgre $5 \cdot 10^{-15}\text{m}$. Kolika je neodređenost količine gibanja protona koji se nalazi u jezgri? Uzmi da je količina gibanja jednaka toj vrijednosti. Izračunajte kinetičku energiju protona. Da bi ostao vezan u jezgri kolika mora biti potencijalna energija protona? Usporedite je s potencijalnom energijom elektrona u atomu (primjerice vodikovu) i recite zašto se silu koja drži jezgru na okupu naziva jakom silom.

Umjesto protona, promotrite elektron u istoj situaciji. Kolika je kinetička energija elektrona u jezgri? Kolika mora biti potencijalna energija elektrona da bi on u njoj ostao? Usporedite tu energiju s potencijalnom energijom elektrona na rubu jezgre i protona u središtu. Može li elektron biti u jezgri prema tom računu?

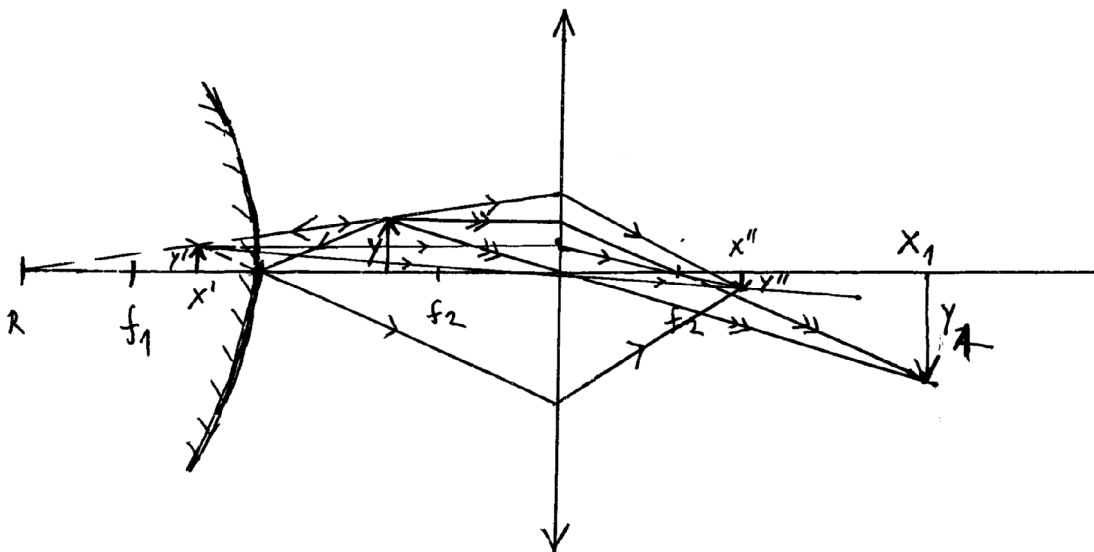
5. zadatak (8 bodova)

U fotografskim filmovima koristi se AgBr koji se pod utjecajem svjetlosti disocira na atome te tako ostavlja trag. Energija disocijacije AgBr je $1 \cdot 10^5\text{J}/\text{mol}$. Objasni i računom potkrijepi zašto svjetlost jedne krijesnice može ostaviti trag na fotografskom filmu, a elektromagnetsko zračenje frekvencije 100MHz obližnje radio stanice koja emitira snagom 50kW ne ostavlja trag na filmu.

Konstante: brzina svjetlosti $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$, Planckova konstanta $h = 6,626 \cdot 10^{-34}\text{Js}$, elementarni naboj $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$, Avogadrova konstanta $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}\text{mol}^{-1}$, masa elektrona $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}\text{kg}$, masa protona $m_p = 1,672 \cdot 10^{-27}\text{kg}$

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2007/2008 – 18. ožujka 2008.
Srednje škole – 4. grupa
Rješenja i upute za bodovanje

1. zadatak (12 bodova)



Skica: **2 boda**

Konveksno zrcalo žarišne daljine $f_1 = -R/2 = -10\text{cm}$ daje sliku na položaju x' danom

jednadžbom $\frac{1}{x} + \frac{1}{x'} = \frac{1}{f_1}$, gdje je $x = 25\text{cm}$ udaljenost predmeta od zrcala. Slijedi $x' = -7,14\text{cm}$.

1 bod

Ta virtualna i uspravna slika služi kao predmet za leću. Ona je od leće udaljena za $d + x + |x'|$, gdje je d udaljenost leće od svijeće.

1 bod

Stoga iz $\frac{1}{d + x + |x'|} + \frac{1}{x''} = \frac{1}{f_2}$, gdje je $f_2 = 32\text{cm}$ žarišna daljina leće, slijedi položaj konačne slike $x'' = 44\text{cm}$ od leće.

1 bod

Povećanje slike na zrcalu je $\frac{y'}{y} = \frac{R + x'}{R + x} = 0,286$, a na leći $\frac{y''}{y'} = \frac{-x''}{d + x + |x'|} = -0,375$, tako da

je ukupno povećanje $y''/y = -0,107$.

2 boda

Realna slika je umanjena i obrnuta.

1 bod

Nastaje i druga slika, a daju je zrake svjetlosti koje odmah prolaze kroz leću, bez refleksije na zrcalu.

1 bod

Iz $\frac{1}{d} + \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f_2}$ slijedi položaj druge slike $x_1 = 51,32\text{cm}$.

1 bod

Povećanje je $\frac{y_1}{y} = \frac{-x_1}{d} = -0,6$.

1 bod

I druga slika je realna, umanjena i obrnuta.

1 bod

2. zadatak (10 bodova)

Amplituda vala svjetlosti koji upada na prvi polarizator iznosi $A_0 = \sqrt{I_0}$, gdje je I_0 upadni intenzitet. **1 bod**

Od te amplitude prolazi komponenta $A_1' = A_0 \cos \alpha$, gdje je α kut između osi prvog polarizatora i smjera titranja polja upadnog vala. **1 bod**

Budući da je upadna svjetlost nepolarizirana, smjerovi su raspodijeljeni jednoliko po α . Intenzitet koji pripada određenom smjeru titranja je $I_1' = (A_1')^2 = A_0^2 \cos^2 \alpha$. **1 bod**

Srednja vrijednost od $\cos^2 \alpha$ je $\frac{1}{2}$ jer je jednaka onoj od $\sin^2 \alpha$, a zajedno daju 1. **1 bod**

Stoga je intenzitet nakon prvoga polarizatora $I_1 = \bar{I}_1' = \frac{1}{2} A_0^2 = \frac{1}{2} I_0$, a amplituda

$A_1 = \sqrt{I_1} = \frac{A_0}{\sqrt{2}}$ i svjetlost je polarizirana u smjeru osi prvoga polarizatora. **1 bod**

Os drugog polarizatora zakrenuta je za kut φ s obzirom na os prvoga, pa kroz njega prolazi komponenta amplitude $A_2 = A_1 \cos \varphi$, a intenzitet je $I_2 = I_1 \cos^2 \varphi$. **1 bod**

Os trećeg polarizatora zakrenuta je za kut $90^\circ - \varphi$ s obzirom na os drugoga, pa kroz njega prolazi komponenta amplitude $A_3 = A_2 \cos(90^\circ - \varphi)$, a intenzitet je $I_3 = I_2 \cos^2(90^\circ - \varphi)$. **1 bod**

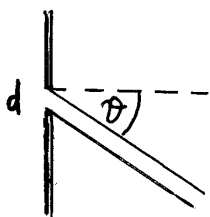
Dakle, izlazni intenzitet je $I_3 = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \varphi \cos^2(90^\circ - \varphi)$, što za $\varphi = 45^\circ$ iznosi

$I_3 = \frac{1}{8} I_0 = 10 \text{ W/cm}^2$. **1 bod**

U slučaju kad je srednji polarizator uklonjen, na zadnji dolazi svjetlost iz prvoga polarizirana okomito na os zadnjega, tako da je izlazni intenzitet nula. **1 bod**

Tada prvi polarizator propusti polovicu upadne energije, a polovicu (40 W/cm^2) apsorbira te isto toliko (40 W/cm^2) apsorbira i zadnji polarizator. **1 bod**

3. zadatak (10 bodova)



Prvi ogibni minimum na pukotini nastaje kad se optički putovi gornje zrake i donje zrake (na slici) međusobno razlikuju za jednu valnu duljinu λ , jer tada za svaku zraku iz gornje polovice pukotine postoji zraka iz donje među kojima je razlika puta $\lambda/2$ pa se međusobno ponište destruktivnom interferencijom. **2 bod**

Stoga se prvi minimum nalazi pod kutom određenim s $d \sin \theta = \lambda$. **1 bod**

Kad se svjetlost širi u tekućini, zbog manje brzine svjetlosti, to jest manje valne duljine, taj kut je određen s $dn \sin \theta' = \lambda$, gdje je λ valna duljina svjetlosti u vakuumu. **3 boda**

Dijeljenjem te dvije jednačbe dobije se $n = \frac{\sin \theta}{\sin \theta'} = 2,07$. **2 boda**

Valna duljina svjetlosti u tekućini je $\frac{\lambda}{n} = d \sin \theta' = 269 \text{ nm}$. **2 bod**

4. zadatak (10 bodova)

Neodređenost položaja protona u jezgri je $\Delta x = 2R = 10^{-14}\text{m}$. Iz Heisenbergova načela slijedi neodređenost količine gibanja $\Delta p_x \geq \frac{\hbar}{\Delta x} = 1,055 \cdot 10^{-20} \text{kgms}^{-1}$. **2 boda**

Iz izraza $E^2 - p^2 c^2 = m^2 c^4$ i $E = K + mc^2$ slijedi kinetička energija

$K = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2} - mc^2$, gdje je mc^2 energija mirovanja, $p = \Delta p_x$ količina gibanja, a E ukupna energija. **2 boda**

Za zadani proton je $m_p c^2 = 1,509 \cdot 10^{-10} \text{J}$, a $pc = 3,165 \cdot 10^{-12} \text{J}$, pa se izraz za kinetičku energiju

svodi na $K = \frac{p^2}{2m_p} = 3,32 \cdot 10^{-14} \text{J}$. **1 bod**

Da bi zadržala proton u jezgri, potencijalna energija (negativna) mora biti barem tolika, što je oko 16000 puta jače od one u atomu vodika, pa je izraz jaka sila opravdan. **1 bod**

Za elektron u istoj situaciji jednaka je količina gibanja, pa su $m_e c^2 = 8,19 \cdot 10^{-14} \text{J}$ i $pc = 3,165 \cdot 10^{-12} \text{J}$, te izraz za kinetičku energiju ostaje relativistički dajući $K = 3,084 \cdot 10^{-12} \text{J}$. **3 boda**

Za zadržati elektron u jezgri potrebna je barem tolika negativna potencijalna energija, dok je elektrostatska energija s protonom $-k \frac{e^2}{r} = -4,41 \cdot 10^{-14} \text{J}$, što znači da ona ne može zadržati elektron u jezgri. **1 bod**

5. zadatak (8 bodova)

Energija disocijacije jedne molekule je $E = 10^5 \text{Jmol}^{-1} / 6,022 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1} = 1,66 \cdot 10^{-19} \text{J}$. **2 boda**
Molekula apsorbira kvant energije fotona koja mora biti barem E da bi izazvala disocijaciju.

Granična valna duljina je stoga određena s $\frac{hc}{\lambda_G} = E$ iz čega slijedi $\lambda_G = 1200 \text{nm}$. **2 boda**

Za zelenu svjetlost valna duljina je manja od λ_G pa je energija fotona veća od E te on može izazvati disocijaciju. **2 boda**

Za elektromagnetsko zračenje frekvencije 100MHz energija fotona je $h\nu = 6,626 \cdot 10^{-26} \text{J}$ pa ti fotoni ne mogu izazvati disocijaciju bez obzira koliko ih dolazi u jedinici vremena. **2 boda**