

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 $x_1=R_1/2=2,5\text{m}$ 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)**

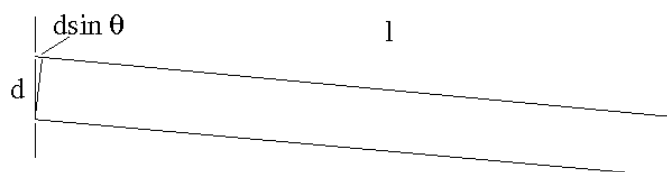
Uzimajući $x_3 = d + l$, gdje je $l=15\text{cm}$ zadana udaljenost detektora od teleskopa i d međusobna

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)**

Smisljeno rješenje ove kvadratne jednadžbe je pozitivno: $d=1.676\text{m}$. **(2 b)**

Slika je uspravna, što se lako pokaže crtanjem dviju karakterističnih zraka. **(1 b)**

2. zadatak (10 bodova)



Interferencijski maksimum se pojavljuje za

$$d \sin \theta = k \lambda . \quad (1 \text{ b})$$

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 $a-a'=8\text{mm}$, $b=0,02\text{mm}$, $d=3\text{mm}$ i $l=2\text{m}$, 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)**

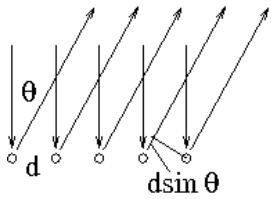
Promjena količine gibanja broda u vremenu Δt je $m \Delta v = \frac{P \Delta t}{h \nu} \cdot \frac{h}{\lambda}$. **(2 b)**

Brzina će porasti do Δv za vrijeme $\Delta t = \frac{m c \Delta v}{P} = 9 \cdot 10^7 \text{s} = 2,85$ godina. **(2 b)**

Ubrzanje je toliko maleno zbog male količine gibanja koju nosi foton dane energije. **(1 b)**

Efikasniji pogon bi bio ostvaren izljetanjem masivnijih čestica koje će uz istu energiju doprinositi mnogo većom količinom gibanja. **(2 b)**

4. zadatak (10 bodova)



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

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

Za najmanji kut je $d = \frac{\lambda}{\sin \theta} = 2,18 \cdot 10^{-10} \text{m}$. (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: $\lambda_{3,2}=656,4\text{nm}$, $\lambda_{4,2}=486,2\text{nm}$, $\lambda_{5,2}=434,1\text{nm}$, $\lambda_{6,2}=410,2\text{nm}$. (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 $\lambda=434,1\text{nm}$ i $\lambda'=564,1\text{nm}$ 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: $\lambda'_{32}=853,3\text{nm}$, $\lambda'_{42}=632,1\text{nm}$, $\lambda'_{62}=533,3\text{nm}$. (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)