Općinsko natjecanje iz fizike

- srednje škole: IV. grupa -

22.01.2020.

1. Svemirski brod se promatra iz laboratorija na Zemlji. Ustanovljeno je da, dok na Zemlji protekne sat vremena, u svemirskom brodu prođe tek jedna minuta. Kojom se brzinom v giba svemirski brod? Ukoliko je vlastita duljina svemirskog broda $L_0 = 30\,\mathrm{m}$, koliku će duljinu broda izmjeriti znanstvenici iz laboratorija?

[10 bodova]

2. Teniska loptica mase $m = 50\,\mathrm{g}$ pada na trampolin koji možemo pojednostavljeno shvatiti kao oprugu konstante elastičnosti $k = 5000\,\mathrm{N\,m^{-1}}$. Odredite za koliko će se trampolin najviše otkloniti od ravnotežnog položaja ako loptica u njega udari količinom gibanja $p = mc$. Prilikom računa zanemarite utjecaj sile teže, te pretpostavite da je trampolin savršeno elastičan (neće puknuti), te da mu tlo ne smeta prilikom rastezanja.

[10 bodova]

3. Paralelan snop zraka svjetlosti upada okomito na konvergentnu leću žarišne duljine $f_1 = 20\,\mathrm{cm}$. Je li moguće snop svjetlosti koji je prošao kroz leću opet napraviti paralelnim koristeći

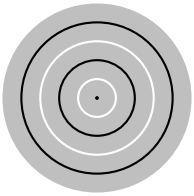
   (a) drugu konvergentnu leću žarišne duljine $f_2 = 5\,\mathrm{cm}$, ili

   (b) divergentnu leću žarišne duljine $f_2' = -5\,\mathrm{cm}$?

   Ako je moguće, odredite na kojoj udaljenosti d od prve leće treba postaviti drugu leću i skicirajte kako se lomi tipična zraka na ove dvije leće.

[12 bodova]

4. Crvena svjetlost valne duljine $\lambda = 680\,\mathrm{nm}$ upada okomito na tanki sloj prolivenog ulja (indeks loma $n = 1.45$) u obliku kružne mrlje. Na slici je skicirana dobivena interferencijska slika s naznačenim minimumima (crno) i maksimumima (bijelo). Pod pretpostavkom da debljina sloja monotono pada od sredine kruga prema rubu, odredite debljinu mrlje u njenom središtu.



[7 bodova]

5. Zraka svjetlosti upada na planparalelnu staklenu ploču indeksa loma $n = 1.5$ i debljine $d = 10\,\mathrm{cm}$ pod kutom $\alpha = 45°$. Odredite za koliko je izlazna zraka pomaknuta u odnosu na pravac gibanja upadne zrake.

[11 BODOVA]

Vrijednosti fizikalnih konstanti:

- brzina svjetlosti: $c = 3 \times 10^8\,\mathrm{m/s}$;

VAŽNO: Tijekom ispita ne smijete imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule). Za pisanje, koristite kemijsku olovku ili nalivpero. Pri ruci ne smijete imati mobitele ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.

Općinsko natjecanje iz fizike - rješenja

- srednje škole: IV. grupa -

22.01.2020.

Upute za bodovanje: Ovdje je prikazan jedan način rješavanja zadataka. Ako učenici riješe zadatak drugačijim, a fizikalno ispravnim načinom, treba im dati puni broj bodova predviđen za taj zadatak. Ako učenici ne napišu posebno svaki ovdje predviđeni korak, a vidljivo je da su ga napravili, treba im dati bodove kao da su ga napisali.

1. Ako jedna minuta na brodu traje sat vremena na Zemlji, to znači da je gibanje svemirskog broda opisano Lorentzovim faktorom

$$\gamma = 60. \qquad [3 \text{ boda}]$$

Odavde možemo izraziti brzinu gibanja broda

$$v = \frac{\sqrt{\gamma^2 - 1}}{\gamma} c \qquad [3 \text{ boda}]$$

$$= 2.9996 \times 10^8 \,\mathrm{m/s}. \qquad [1 \text{ bod}]$$

Isti Lorentzov faktor opisuje i kontrakciju duljine svemirskog broda. Znanstenici na Zemlji će izmjeriti kraću duljinu broda

$$L = \frac{L_0}{\gamma} \qquad [2 \text{ boda}]$$

$$= 0.5\,\mathrm{m}. \qquad [1 \text{ bod}]$$

2. Teniska loptica mase m koja ima količinu gibanja $p = mc$ nosi kinetičku energiju

$$T = \sqrt{(mc^2)^2 + (pc)^2} - mc^2$$

$$= (\sqrt{2} - 1)mc^2. \qquad [3 \text{ boda}]$$

Prilikom sudara s trampolinom, ova se kinetička energija pretvori u elastičnu potencijalnu energiju (prema pretpostavci zadatka, zanemarujemo silu težu pa i gravitacijsku potencijalnu energiju). U trenutku maksimalnog otklona x od ravnoteže, sva se kinetička energija pretvori u potencijalu

$$T = \frac{1}{2}kx^2. \qquad [3 \text{ boda}]$$

Odavde sređivanjem dobijemo

$$x = \sqrt{\frac{2(\sqrt{2} - 1)mc^2}{k}} \qquad [3 \text{ boda}]$$

$$= 863\,\mathrm{km}. \qquad [1 \text{ bod}]$$

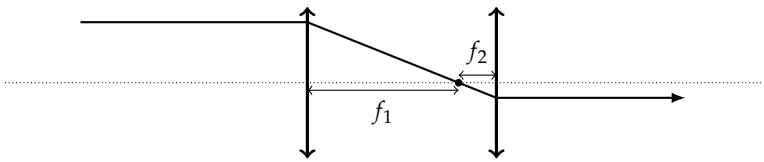
3. Snop je moguće ponovno napraviti paralelnim pomoću druge leće, bez obzira na to je li ona konvergentne ili divergentna pod uvjetom da se žarišta prve i druge leće poklapaju.

[2 BODA]

(a) Ako je druga leća konvergentna, onda je moramo staviti na udaljenost

$$d = f_1 + f_2 = 25\,\mathrm{cm}$$ [2 BODA]

od prve leće. Slika pokazuje kako se lomi tipična zraka svjetlosti u ovom slučaju.

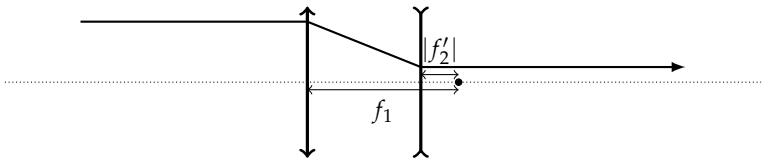


[3 BODA]

(b) Ako je druga leća divergentna, onda je moramo staviti na udaljenost

$$d = f_1 + f_2' = 15\,\mathrm{cm}$$ [2 BODA]

od prve leće. Slika pokazuje kako se lomi tipična zraka svjetlosti u ovom slučaju.



[3 BODA]

4. Prema slici iz zadatka, u samom središtu mrlje se javlja treći interferencijski minimum. Prema tome, ako je H debljina mrlje u sredini, tada je optička razlika putova između zrake koja se odbije na površini mrlje i zrake koja se odbije od dna mrlje

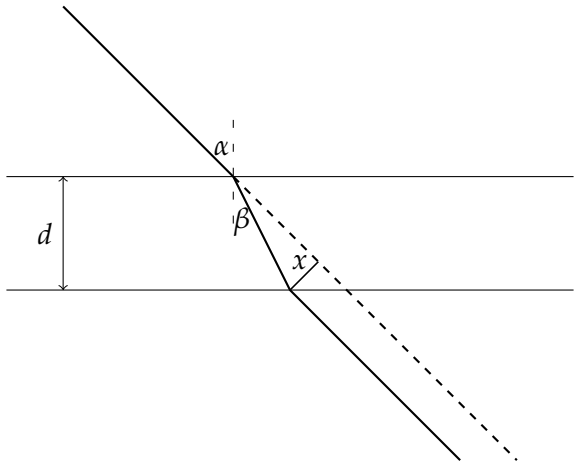
$$2nH = 5\lambda/2.$$ [4 BODA]

Odavde odmah imamo

$$H = 5\lambda/4n$$ [2 BODA]

$$= 568\,\mathrm{nm}.$$ [1 BOD]

5. Skicirajmo kako se svjetlost lomi na planparalelnoj ploči.



[3 BODA]

Snellov zakon nam daje vezu između upadnog i lomljenog kuta

$$\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n}. \qquad \text{[2 BODA]}$$

Geometrijski možemo odrediti pomak lomljene zrake

$$x = \frac{d}{\cos\beta}\sin(\alpha - \beta). \qquad \text{[3 BODA]}$$

Korištenjem trigonometrijskih identiteta možemo srediti dobiveni izraz

$$x = d\sin\alpha\left(1 - \frac{\cos\alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}\right) \qquad \text{[2 BODA]}$$

$$= 3.29\,\text{cm}. \qquad \text{[1 BOD]}$$