

# OPĆINSKO NATJECANJE IZ FIZIKE - RJEŠENJA

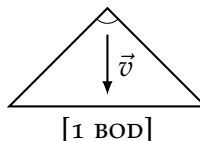
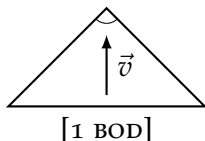
- srednje škole: IV. grupa -

27.01.2016.

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. Glavni fizikalni efekt promatran u ovom zadatku je Lorentz-FitzGeraldova kontrakcija duljine koja se opažava kao skraćivanje dimenzija tijela u smjeru gibanja.

- Promatrajući slike a) i b), jasno je da se, prelaskom iz jednog referentnog sustava u drugi, mijenja visina trokuta, dok baza ostaje ista. Budući je visina trokuta na slici a) manja od visine trokuta na slici b), zaključujemo da slika a) prikazuje referentni sustav  $S'$  u kojem se trokut giba, dok slika b) prikazuje referentni sustav  $S$  u kojem trokut miruje. [2 BODA]
- Kako se kontrakcija duljine manifestira isključivo u smjeru gibanja tijela, a znamo da vektor brzine  $\vec{v}$  leži u ravnini trokuta, on mora biti paralelan s visinom trokuta. Imamo, dakle, dvije mogućnosti: brzina je usmjerena od baze prema suprotnom vrhu trokuta i obrnuto:



- Iznos brzine trokuta možemo odrediti iz formule za Lorentz-FitzGeraldovu kontrakciju duljine  $h' = h/\gamma$ , gdje su  $h$  i  $h'$  visine trokuta mjereno u sustavima  $S$  i  $S'$ , respektivno, a  $\gamma$  je relativistički faktor. [1 BOD]

Visine trokuta su

$$h = \frac{\sqrt{3}}{2}\ell, \quad h' = \frac{1}{2}\ell,$$

odakle slijedi  $\gamma = \sqrt{3}$ .

[2 BODA]

Koristeći definiciju  $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ , možemo izraziti brzinu trokuta

$$v = \frac{\sqrt{\gamma^2 - 1}}{\gamma}c$$

[2 BODA]

$$= \sqrt{\frac{2}{3}}c = 2.45 \times 10^8 \text{ m/s.}$$

[1 BOD]

2. Zadatak proučava stvaranje slike na zakrivljenom zrcalu unutar paraksijalne aproksimacije geometrijske optike. Koristi se jednačba zrcala

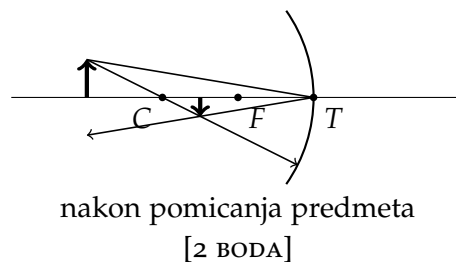
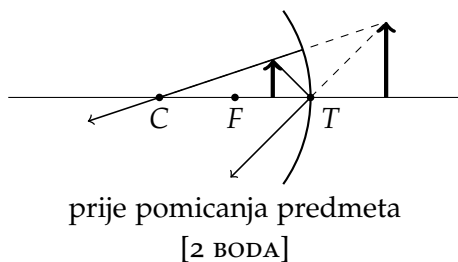
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{R},$$

gdje su  $a$  i  $b$  udaljenosti predmeta, odnosno slike od tjemena zrcala, a  $R$  je polumjer zakrivljenosti zrcala. Pratimo konvenciju prema kojoj je  $a$  uvijek pozitivan broj, dok je  $b$  pozitivan (negativan) ako je slika realna (virtualna). Također, uzimamo  $R > 0$  za konkavno, te  $R < 0$  za konveksno zrcalo. Povećanje računamo prema formuli

$$m = -\frac{b}{a},$$

tako da  $m < 0$  implicira da je slika obrnuta u odnosu na predmet.

- Uvećanu sliku, koju zrcalo stvara prije pomicanja predmeta, moguće je dobiti jedino ako se koristi konkavno zrcalo. [2 BODA]
- Prije pomicanja predmeta, slika je bila uspravna i uvećana, što znači da se predmet nalazio između žarišta  $F$  i tjemena  $T$  zrcala. Nakon pomicanja predmeta, slika je smanjena i obrnuta, što znači da se sad predmet nalazi iza središta zakrivljenosti zrcala  $C$ .



- Množeći jednačbu zrcala s  $a$  možemo izraziti udaljenost predmeta od zrcala preko polumjera zakrivljenosti i faktora uvećanja

$$a = \frac{R}{2} \frac{m - 1}{m}. \quad [2 \text{ BODA}]$$

Oдавде imamo

$$d = a_2 - a_1 = \frac{R}{2} \frac{m_2 - m_1}{m_1 m_2} \rightsquigarrow R = 2d \frac{m_1 m_2}{m_2 - m_1}, \quad [2 \text{ BODA}]$$

gdje su  $m_1$  i  $m_2$  uvećanja prije, odnosno nakon pomicanja predmeta. Uvrštavanje  $m_1 = 2$ , te  $m_2 = -1/2$  daje

$$R = \frac{4}{5}d = 20 \text{ cm}. \quad [2 \text{ BODA}]$$

3. Zadatak je jednostavna primjena Youngovog eksperimenta na dvije pukotine. Ukoliko su dva koherentna izvora svjetlosti valne duljine  $\lambda$  na međusobnoj udaljenosti  $d$ , tada će se na dalekom zaslonu vidjeti interferencijske pruge. Pod pretpostavkom da je zaslon na udaljenosti  $\ell (\gg d)$  od izvora, te da su izvori paralelni sa zaslonom, interferencijski minimumi će se pojaviti na položajima

$$x_n = (n + 1/2)\lambda\ell/d, \quad n \in \mathbb{Z},$$

mjereno uzduž zaslona od središnje svijetle pruge.

- Razmak između tamnih pruga je razlika položaja dva susjedna interferencijska minimuma

$$\Delta x = x_{n+1} - x_n = \frac{\lambda\ell}{d}. \quad [1 \text{ BOD}]$$

Valnu duljinu svjetlosti možemo izračunati iz poznate frekvencije

$$\lambda = c/f. \quad [1 \text{ BOD}]$$

Kombinirajući ove relacije možemo naći udaljenost među pukotinama

$$d = \frac{c\ell}{f\Delta x} \quad [1 \text{ BOD}]$$

$$= 184 \mu\text{m}. \quad [1 \text{ BOD}]$$

- Brzina svjetlosti u vodi je

$$v_{\text{voda}} = c/n, \quad [1 \text{ BOD}]$$

pa je valna duljina manja nego u zraku

$$\lambda_{\text{voda}} = \frac{c}{nf} = \frac{\lambda}{n}, \quad [1 \text{ BOD}]$$

budući da frekvencija svjetlosti ostaje nepromijenjena. Zbog toga se i razmak među prugama smanji

$$\Delta x_{\text{voda}} = \frac{\lambda_{\text{voda}}\ell}{d} = \frac{1}{n} \frac{\lambda\ell}{d} = \frac{\Delta x}{n} \quad [1 \text{ BOD}]$$

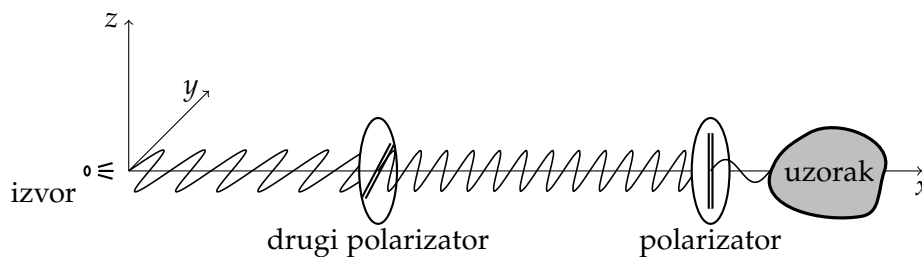
$$= 3.16 \text{ mm}. \quad [1 \text{ BOD}]$$

4. Fizikalni princip iza ovog zadatka je Malusov zakon koji kaže da će polarizator čija je os postavljena pod kutem  $\theta$  u odnosu na smjer polarizacije upadnog elektromagnetskog vala intenziteta  $I_0$  propustiti samo onu komponentu vala koja je paralelna s osi polarizatora te će intenzitet izlaznog vala iznositi

$$I = I_0 \cos^2 \theta.$$

- Sa slike u zadatku, jasno je da je svjetlost polarizirana uzduž osi  $y$ , dok je polarizator postavljen uzduž osi  $z$ . Dakle, kut između osi polarizatora i polarizacije svjetlosti je  $\theta = 90^\circ$ . Uvrštavanje u Malusov zakon pokazuje da svjetlost neće proći kroz polarizator i doći do uzorka. Prema tome, nije moguće provesti istraživanje uzorka samo s jednim polarizatorom. [1 BOD]
- Drugi polarizator možemo postaviti između izvora svjetlosti i prvog polarizatora tako da mu se os polarizacije nalazi u  $yz$  ravnini i zatvara kut  $\theta$  s osi  $y$ , odnosno kut  $90^\circ - \theta$  s osi  $z$ . Na taj ćemo način zakrenuti smjer polarizacije svjetlosti s osi  $y$  u  $yz$  ravnini te će izlazna svjetlost imati i  $z$  komponentu koju će polarizator ispred uzorka propustiti. [2 BODA]

Skica eksperimenta s dva polarizatora:



[2 BODA]

Koristeći dva polarizatora na gore navedeni način, možemo odrediti intenzitet svjetlosti koja upada na uzorak,

$$I = I_0 \cos^2 \theta \cos^2(90^\circ - \theta) = \frac{I_0}{4} \sin^2 2\theta. \quad [2 \text{ BODA}]$$

Lako je vidjeti da ovaj izraz postiže maksimum za

$$\theta = 45^\circ, \quad [1 \text{ BOD}]$$

kad vrijedi

$$I_{\max} = \frac{I_0}{4} \quad [1 \text{ BOD}]$$

$$= 250 \text{ W/m}^2. \quad [1 \text{ BOD}]$$

5. Zadatak se oslanja na činjenicu da je intenzitet zračenja savršenog crnog tijela proporcionalan četvrtoj potenciji apsolutne temperature,

$$I = \sigma T^4,$$

gdje je koeficijent proporcionalnosti Stefan-Boltzmannova konstanta.

- Razmatrajući problem s aspekta zakona očuvanja energije, snaga grijača se može trošiti na zagrijavanje tijela i na emitiranje toplinskog zračenja. U ravnoteži, temperatura je konstantna pa se tijelo ne zagrijava. Prema tome, snaga grijača se u potpunosti troši na zračenje crnog tijela. Izgubljena snaga je ona koja je izračena s vanjske površine sferne ljuske i ona mora biti jednaka snazi grijača. [2 BODA]  
Koristeći zakon zračenja crnog tijela i definiciju intenziteta zračenja, imamo

$$\begin{aligned} P &= 4\pi R^2 \sigma T^4 & [2 \text{ BODA}] \\ &= 311 \text{ W}. & [1 \text{ BOD}] \end{aligned}$$

- Crno tijelo zrači jednakim intenzitetom sa svake točke svoje površine, pa i s unutarnje strane sferne ljuske. Međutim, to zračenje nije izgubljeno jer se emitira u šupljinu te je opet apsorbirano od strane crnog tijela. Prema tome, zračenje s unutarnje strane sferne ljuske ne utječe niti na temperaturu crnog tijela niti na gubitak energije pa ga nismo morali uzeti u obzir u prethodnom podzadatku. [3 BODA]  
Snaga tog zračenja je opet dana preko Stefan-Boltzmannove formule,

$$\begin{aligned} P_{\text{šupljina}} &= 4\pi r^2 \sigma T^4 & [1 \text{ BOD}] \\ &= 77.7 \text{ W}. & [1 \text{ BOD}] \end{aligned}$$