

Školsko natjecanje iz fizike

srednja škola – četvrta skupina

28. siječnja 2026.

1. Svjetlost, linearno polarizirana pod kutom od 13° u odnosu na vertikalnu u smjeru kazaljke na satu, najprije prolazi kroz prvi polarizator čija os polarizacije zatvara kut od 18° s vertikalom u smjeru kazaljke na satu. Zatim svjetlost prolazi kroz drugi polarizator čija os polarizacije zatvara kut od 44° s vertikalom u smjeru kazaljke na satu. U postotcima izračunajte kolika je redukcija intenziteta svjetlosti nakon prolaska kroz oba polarizatora.

[8 bodova]

- Intenzitet nakon prvog polarizatora po Malusovom zakonu:

$$I_1 = I_0 \cos^2 \alpha_1 \quad [1 \text{ bod}]$$

gdje je $\alpha_1 = 18^\circ - 13^\circ = 5^\circ$.

[1 bod]

$$I_1 = I_0 \cos^2(5^\circ) \approx 0.9924 I_0 \quad [1 \text{ bod}]$$

- Intenzitet nakon drugog polarizatora:

Nakon prvog polarizatora svjetlost je polarizirana uz os prvog polarizatora.

Kut između polarizacije i osi drugog polarizatora:

$$\alpha_2 = 44^\circ - 18^\circ = 26^\circ \quad [1 \text{ bod}]$$

Primjenom Malusovog zakona:

$$I_2 = I_1 \cos^2 \alpha_2 = 0.9924 I_0 \cdot \cos^2(26^\circ) \approx 0.802 I_0 \quad [2 \text{ boda}]$$

- Postotak redukcije intenziteta:

$$\text{Redukcija} = 100\% \cdot \left(1 - \frac{I_2}{I_0}\right) \approx 100\% \cdot (1 - 0.802) \approx 19.8\% \quad [2 \text{ boda}]$$

2. Izvor svjetlosti nalazi se u tekućini nepoznatog indeksa loma. Svjetlosna zraka izlazi iz izvora i pada na granicu tekućina–zrak pod kutom od 50° u odnosu na okomicu. Odredite ograničenje na indeks loma tekućine ako iz zraka izvor nije vidljiv.

[9 bodova]

- Kada svjetlost prelazi iz tekućine u zrak i izvor nije vidljiv, događa se totalna refleksija. [1 bod]

Uvjet za totalnu refleksiju:

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1} \quad [2 \text{ boda}]$$

gdje je n_1 indeks loma tekućine, n_2 indeks loma zraka (≈ 1), a θ_c granični kut.

- Budući da zraka pada pod kutom od 50° i izvor nije vidljiv, $\theta_c \leq 50^\circ$:

$$\sin \theta_c \leq \sin 50^\circ \approx 0.766 \quad [3 \text{ boda}]$$

- Ograničenje na indeks loma tekućine:

$$n_1 \geq \frac{n_2}{\sin \theta_c} \approx \frac{1}{0.766} \approx 1.31 \quad [3 \text{ boda}]$$

3. Tanka leća stvara realnu sliku predmeta s iznosom povećanja 1.25. Pomicanjem predmeta od leće duž optičke osi, iznos povećanja smanji se za 20%, pri čemu se predmet udalji za $\Delta u = 2 \text{ cm}$.

(a) Izračunajte jakost leće.

(b) Izračunajte za koliko se pomaknula slika.

[10 bodova]

- Budući da je prvotno slika veća od predmeta i da se nakon pomicanja predmeta dobiva slika iste veličine kao predmet, zaključujemo da se radi o konvergentnoj leći. [2 boda]

- Za tanku leću vrijedi:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \quad [1 \text{ bod}]$$

gdje je u udaljenost predmeta, a v udaljenost slike.

- Iznos povećanja je dan s:

$$|m| = \frac{v}{u}.$$

- Početno stanje:

$$|m_1| = 1.25 \quad \Rightarrow \quad v_1 = 1.25 u_1$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u_1} + \frac{1}{1.25 u_1} = \frac{1 + \frac{1}{1.25}}{u_1} = \frac{1.8}{u_1}. \quad [1 \text{ bod}]$$

- Nakon pomaka predmeta:

$$|m_2| = 0.8 \cdot 1.25 = 1.00$$

$$|m_2| = 1 \quad \Rightarrow \quad v_2 = u_2 \quad [1 \text{ bod}]$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u_2} + \frac{1}{u_2} = \frac{2}{u_2}.$$

- Izjednačavanjem izraza za $\frac{1}{f}$:

$$\frac{1.8}{u_1} = \frac{2}{u_2} \quad \Rightarrow \quad u_2 = \frac{10}{9} u_1. \quad [1 \text{ bod}]$$

- Pomak predmeta:

$$u_2 - u_1 = 2 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{9} u_1 = 2 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad u_1 = 18 \text{ cm}, \quad u_2 = 20 \text{ cm}.$$

- Jakost leće:

$$\frac{1}{f} = \frac{1.8}{18} = 0.1 \quad \Rightarrow \quad f = 10 \text{ cm} = 0.10 \text{ m}$$

$$D = \frac{1}{f} = 10 \text{ dpt}. \quad [2 \text{ boda}]$$

- Pomak slike:

$$v_1 = 1.25 \cdot 18 \text{ cm} = 22.5 \text{ cm}, \quad v_2 = 20 \text{ cm}$$

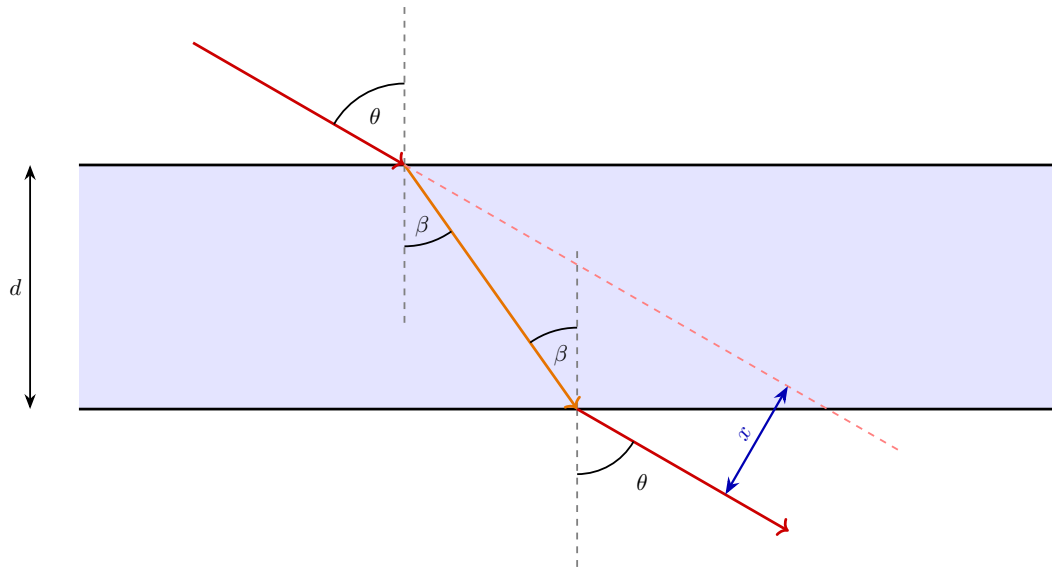
$$\Delta v = |v_2 - v_1| = 2.5 \text{ cm}.$$

[2 boda]

4. Svjetlosna zraka upada na ravnu paralelnu staklenu ploču indeksa loma $n = 1.5$ i debljine $d = 6\text{ cm}$ pod kutom $\theta = 60^\circ$ u odnosu na okomicu. Zraka prolazi kroz ploču i izlazi s druge strane.

- (a) Izračunajte paralelni pomak između upadne zrake i izlazne zrake.
 (b) Izvedite općenitu formulu za paralelni pomak kao funkciju veličina d , θ i n .

[12 bodova]



[2 boda]

- Zakon loma povezuje kuteve upada θ i loma β :

$$\sin \theta = n \sin \beta \Rightarrow \beta = 35.26^\circ$$

[1 boda]

- Sa skice možemo odrediti traženi pomak

$$x = \frac{d}{\cos \beta} \sin(\theta - \beta) = 3.1 \text{ cm}$$

[4 boda]

- Općeniti izraz:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \theta}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}$$

[2 boda]

$$x = \frac{d}{\cos \beta} (\sin \theta \cos \beta - \cos \theta \sin \beta)$$

$$x = d(\sin \theta - \cos \theta \operatorname{tg} \beta)$$

[1 bod]

$$x = d \sin \theta \left[1 - \frac{\cos \theta}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \right]$$

[2 boda]

$$x = d \sin \theta \left[1 - \sqrt{\frac{1 - \sin^2 \theta}{n^2 - \sin^2 \theta}} \right]$$

5. Na postavu Youngova eksperimenta s dvije identične, vrlo uske pukotine udaljene za d , okomito upada monokromatska svjetlost valne duljine $\lambda = 520 \text{ nm}$. Zaslون je udaljen $L = 1.80 \text{ m}$ od ravnine pukotina.

Na zaslonu je izmjeren razmak između druge svijetle pruge s jedne strane središnjeg maksimuma i četvrte tamne pruge s druge strane: $\Delta y = 7.8 \text{ mm}$.

Pretpostavite male kutove u odnosu na okomicu na ravninu pukotina.

- (a) Odredite razmak pukotina d .
- (b) Koliki je razmak između prve i četvrte svijetle pruge na istoj strani od središnjeg maksimuma?

[11 bodova]

- Položaji svijetlih i tamnih pruga:

Svijetle pruge:

$$y_m = m \frac{\lambda L}{d} \quad [1 \text{ bod}]$$

Tamne pruge:

$$y_k = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda L}{d} \quad [1 \text{ bod}]$$

- Razmak između druge ($m = 2$) svijetle i četvrte ($k = 3$) tamne pruge: [2 boda]

$$\Delta y = y_{m=2} + y_{k=3} = (2 + 3.5) \frac{\lambda L}{d} = 5.5 \frac{\lambda L}{d} \quad [3 \text{ boda}]$$

- Izračun razmaka pukotina:

$$d = \frac{5.5 \lambda L}{\Delta y} = \frac{5.5 \cdot 520 \times 10^{-9} \text{ m} \cdot 1.80 \text{ m}}{7.8 \times 10^{-3} \text{ m}} \approx 6.6 \times 10^{-4} \text{ m} \quad [2 \text{ boda}]$$

$$d \approx 0.66 \text{ mm}$$

- Razmak između prve i četvrte svijetle pruge:

$$\Delta y = (4 - 1) \frac{\lambda L}{d} = 3 \frac{\lambda L}{d} \approx 4.25 \text{ mm} \quad [2 \text{ boda}]$$