OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2021/2022

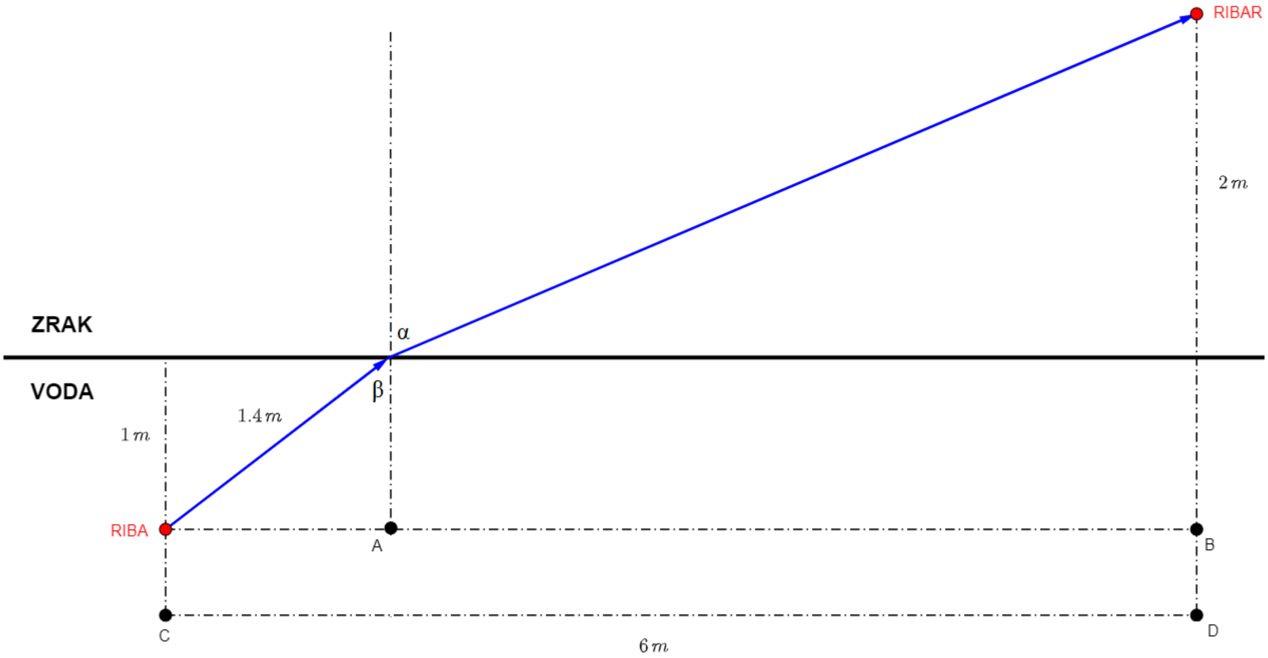
Srednje škole - 4. grupa

Rješenja i upute za bodovanje

VAŽNO: 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. zadatak *(9 bodova)*

Skica mora sadržavati sve najbitnije informacije vezane uz zadani problem. [**2 boda**]

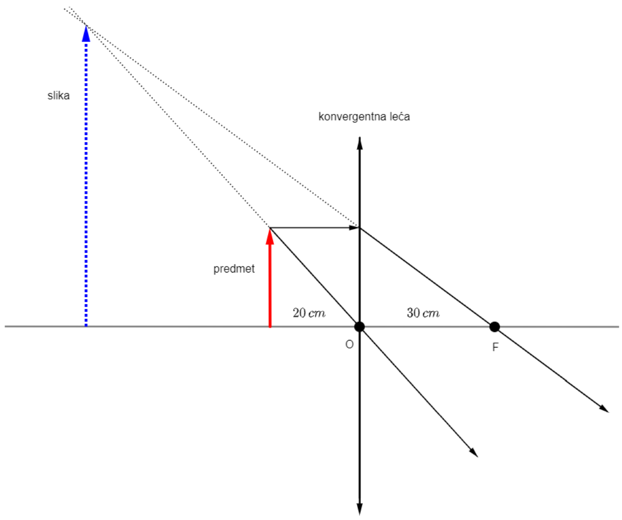


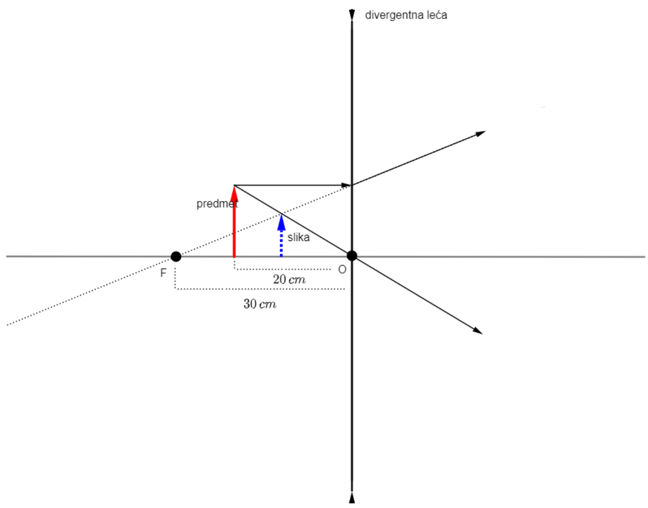
Odmah se može izračunati udaljenost ribe od točke A na slici korištenjem Pitagorinog poučka. Slijedi da je: $x = \sqrt{1.4^2 - 1^2}\,m \approx 0.9798\,m$. [**1 bod**]
Udaljenost od točke A do točke B je onda $y = 6\,m - 0.9798\,m = 5.0202\,m$. [**1 bod**]
Iz slike onda vidimo korištenjem trigonometrije da je $\sin\beta = 0.9798/1.4 \approx 0.7$. [**1 bod**]
Analogno, možemo odrediti i $\sin\alpha = 5.0202/\sqrt{5.0202^2 + 2^2} \approx 0.929$. [**2 boda**]
Napokon, korištenjem Snellovog zakona, $\sin\alpha = n\sin\beta \,\rightarrow\, n = 0.929/0.7 \approx 1.327$. [**2 boda**]

2. zadatak *(10 bodova)*

Korištenjem $1/f = 1/a + 1/b$ za $a = 20\,cm$ i $f = 30\,cm$ slijedi da je $b = -60\,cm$. [**2 boda**]
Negativna vrijednost za b znači da je slika s iste strane leće kao i predmet, te je udaljena $60\,cm$ od leće. To znači da je udaljenost predmeta od slike $d = 60\,cm - 20\,cm = 40\,cm$. [**1 bod**]
S obzirom da su slika i predmet s iste strane možemo zaključiti da je slika virtualna i uspravna. [**1 bod**]
Apsolutno povećanje je jednako $|b/a| = 3$. [**1 bod**]
U slučaju divergentne leće žarišna daljina je negativna, tj. $f = -20\,cm$. Uvrštavanjem a i f u jednadžbu $1/f = 1/a + 1/b$ slijedi $b = -12\,cm$. [**2 boda**]

Udaljenost predmeta od slike je tada $8\,cm$. **[1 bod]**
Skice trebaju sadržavati barem dvije karakteristične zrake u oba slučaja. Treba biti vidljivo da je u slučaju konvergentne leće slika s iste strane leće kao i predmet, uspravna i uvećana, dok u slučaju divergentne leće treba biti vidljivo da je slika umanjena, uspravna, i sa iste strane kao i predmet. **[2 boda]**





3. zadatak *(9 bodova)*

Upadom svjetlosti na optičku rešetku javlja se konstruktivna interferencija samo za one kuteve koji zadovoljavaju $d \sin \alpha_k = k\lambda$. Za maksimume 3. i 4. reda vrijedi $d \sin \alpha_3 = 3\lambda$ i $d \sin \alpha_4 = 4\lambda$. **[2 boda]**
Ako podijelimo lijeve i desne strane tih jednadžbi i uvrstimo $\alpha_4 = \alpha_3 + 9^\circ$ slijedi:

$$\frac{\sin(\alpha_3 + 9^\circ)}{\sin \alpha_3} = \frac{4}{3}. \quad \textbf{[1 bod]} \tag{1}$$

Nadalje, lijevu i desnu stranu u (1) možemo pomnožiti sa $\sin \alpha_3$, te raspisati sinus zbroja na lijevoj strani:

$$\sin \alpha_3 \cos 9^\circ + \cos \alpha_3 \sin 9^\circ = \frac{4}{3} \sin \alpha_3. \quad \textbf{[1 bod]} \tag{2}$$

Ovdje $\cos \alpha_3$ možemo izraziti kao $\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_3}$. Sređivanjem dobivamo :

$$\sin \alpha_3 = \frac{\sin 9^\circ}{\sqrt{\frac{25}{9} - \frac{8 \cos 9^\circ}{3}}} = 0.4123. \quad \textbf{[2 boda]} \tag{3}$$

Iz toga uvrštavanjem u $d \sin \alpha_3 = 3\lambda$ možemo dobiti $\lambda = 1.374\,\mu m$. **[1 bod]**
Opažamo maksimume višeg reda sve dok je $k\lambda/d < 1$ jer mora vrijediti da je $\sin \alpha < 1$. Vidimo da za $k = 7$ slijedi $k\lambda/d = 0.9621$, a za $k = 8$, $k\lambda/d = 1.0995$, tj. opažamo nulti maksimum i 7 maksimuma višeg reda (i 7 maksimuma simetrično u odnosu na nulti; priznati sve bodove za oba odgovora). **[2 boda]**

4. zadatak *(11 bodova)*

Ukupna energija i količina gibanja čestice dane su sa:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \tag{4}$$

tj. vrijedi:

$$\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}} = 1.1\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v_0^2}{c^2}}}, \quad \frac{mv_1}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}} = 1.15\frac{mv_0}{\sqrt{1-\frac{v_0^2}{c^2}}}, \tag{5}$$

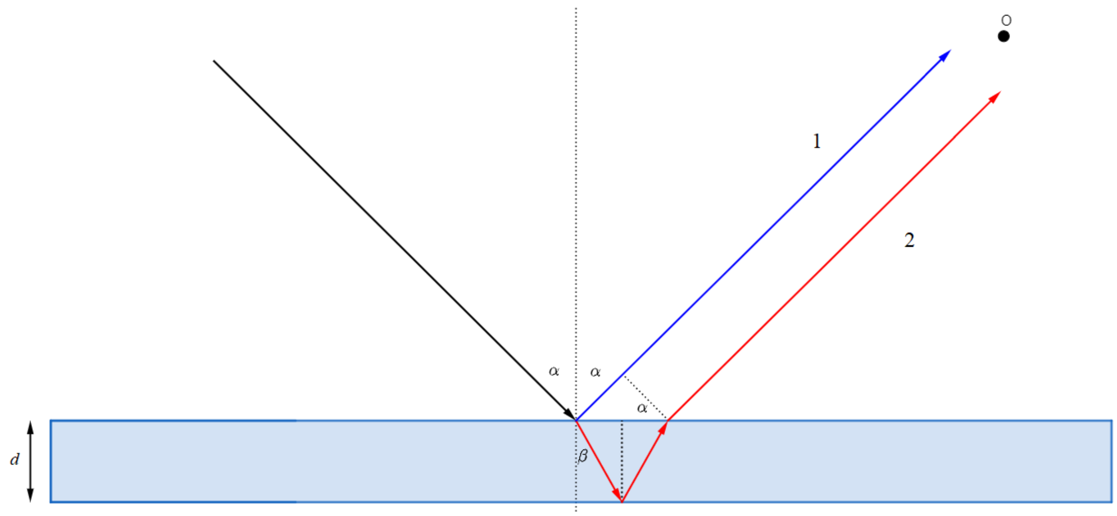
gdje je v_1 brzina koju čestica ima nakon što smo je ubrzali za neki iznos. **[2 boda]**
Dijeljenjem dviju jednakosti u jednadžbi (3) slijedi da je $v_1 = 1.15/1.1\, v_0$. **[2 boda]**
Tu relaciju možemo nazad ubaciti u jednu od jednakosti u (3). Npr. ubacivanjem u prvu jednakost slijedi:

$$\sqrt{1-\frac{v_0^2}{c^2}} = 1.1\sqrt{1-\frac{1.15^2/1.1^2\, v_0^2}{c^2}}. \quad \textbf{[1 bod]} \tag{6}$$

Kvadriranjem i sređivanjem konačno slijedi $v_0 = 0.807\, c$. **[3 boda]**
Čestica u laboratorijskom sustavu prođe put $s = v\tau$, gdje je $\tau = \frac{2.2\,\mu s}{\sqrt{1-0.807^2}}$ vrijeme koje čestica živi za mirnog promatrača u laboratoriju. Dakle, $\tau = 3.725\,\mu s$. **[2 boda]**
I napokon, $s = 0.807 \cdot 3 \times 10^8 \cdot 3.725 \times 10^{-6}\, m \approx 902\, m$. **[1 bod]**

5. zadatak *(11 bodova)*

Sa dolje nacrtane skice jasno je da zraka 2 pređe dodatni put u ulju koje ima indeks loma n, dok zraka 1 ima nešto dulji put u zraku. Te razlike možemo označiti redom sa Δl_1 i Δl_2. **[1 bod]**



Vidimo da je $\Delta l_1 = 2d/\cos\beta$. Također, se uz malo trigonometrije pokaže $\Delta l_2 = 2d\tan\beta\sin\alpha$. **[2 boda]**
Uzimajući u obzir da zraka 2 duljinu Δl_1 prolazi u mediju indeksa loma n, i da zbog refleksije na gušćem sredstvu zraka 1 dobije pomak u fazi za π, slijedi da je optička razlika puteva zraka 2 i 1:

$$\Delta x = n\Delta l_1 - l_2 + \frac{\lambda}{2}, \tag{7}$$

gdje u principu ispred $\lambda/2$ može biti i predznak "-". **[2 boda]**
Uvrštavanjem slijedi:

$$\Delta x = \frac{2dn}{\cos\beta} - \frac{2d\sin\alpha\sin\beta}{\cos\beta} + \frac{\lambda}{2}, \tag{8}$$

gdje se korištenjem Snellovog zakona $\sin\alpha = n\sin\beta$ i $\cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta}$ izraz može srediti na:

$$\Delta x = 2d\sqrt{n^2-\sin^2\alpha} + \frac{\lambda}{2}. \quad \textbf{[3 boda]} \tag{9}$$

Uvjet konstruktivne interferencije je dan sa:

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda, \quad k = 0, 1, 2, ... \quad \textbf{[1 bod]} \tag{10}$$

Uz $d = 0.4\,\mu m$, $n = 1.4$ i $\alpha = 70°$ slijedi $\lambda = 553.5\,nm$ za $k = 1$. Za $k = 0$ ili $k > 1$ uvjet za konstruktivnu interferenciju nije zadovoljen u vidljivom spektru. [**2 boda**]