ŠKOLSKO/OPĆINSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2023/2024

Srednje škole 4. grupa

Rješenja i upute za bodovanje

VAŽNO: Ovdje je prikazan jedan način rješavanja zadataka. Ako učenici riješe zadatak drukčijim, 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)*

S obzirom da je slika virtualna, a radi se o konvergentnoj leći onda je udaljenost predmeta od leće manja od žarišne duljine. Slika se poveća nakon pomaka što znači da je pomak bio prema fokusu, tj. udaljenost od leće je povećana za 2 cm, pa je početna udaljenost $a = 10\,\mathrm{cm}$, a konačna $a' = 12\,\mathrm{cm}$. **[2 boda]**
Iz uvjeta da se slika dvaput poveća vrijedi:

$$\frac{b'}{a'} = 2\frac{b}{a} \;\Rightarrow\; b' = \frac{2ba'}{a}. \quad [\mathbf{1\,bod}] \tag{1}$$

Ključno je koristiti i jednadžbu leće:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{b'}. \quad [\mathbf{2\,boda}] \tag{2}$$

Uvrštavamo vrijednosti za a i a', te izraz (1) u (2) iz čega slijedi:

$$b = -35\,\mathrm{cm}. \quad [\mathbf{2\,boda}] \tag{3}$$

Iz b na kraju napokon možemo dobiti b' i žarišnu duljinu:

$$b' = -84\,\mathrm{cm}, \quad f = 14\,\mathrm{cm}. \quad [\mathbf{2\,boda}] \tag{4}$$

2. zadatak *(10 bodova)*

Valjkasto zrcalo je u principu konveksno zrcalo. Tada je slika u zrcalu virtualna, a prividna udaljenost za valjkasto zrcalo je $D_p = a - b$ (minus ispred b zato što je slika virtualna), dok je za ravno zrcalo jednostavno $D_p = 2a'$. **[2 boda]**
Ako zapišemo sve uvjete u jednadžbe vrijedi:

$$a + a' = 1\,\mathrm{m}, \tag{5}$$

$$a - b = 2a', \qquad [\mathbf{1\,bod}] \tag{6}$$

$$b = -\frac{a}{2}, \qquad [\mathbf{1\,bod}] \tag{7}$$

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}, \qquad [\mathbf{1\,bod}] \tag{8}$$

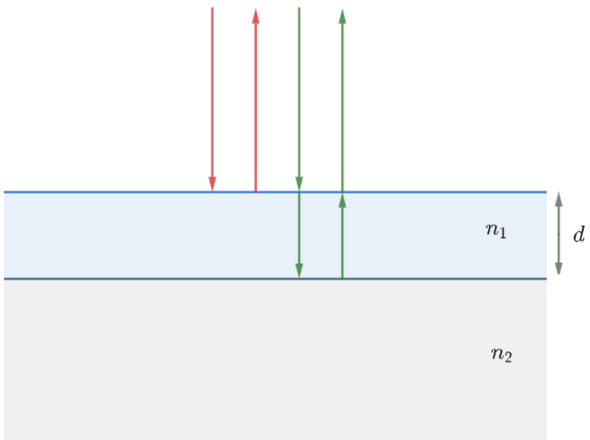
gdje (6) slijedi iz jednakosti prividnih udaljenosti, (7) iz "širine" slike na valjkastom zrcalu, a (8) je jednadžba zakrivljenog zrcala.
Kombiniranjem (5), (6) i (7) (**[1 bod]**) možemo dobiti vrijednosti za a, a' i b:

$$a = 0.571\,\mathrm{m}, \quad b = -0.286\,\mathrm{m}, \quad a' = 0.429\,\mathrm{m}. \quad [\mathbf{3\,boda}] \tag{9}$$

Uvrštavanjem u (8) slijedi:

$$R = -1.143\,\text{m}. \quad [\mathbf{1\,bod}] \tag{10}$$

3. zadatak *(10 bodova)*



a.) Refleksija plave svjetlosti je najefikasnija kada imamo konstruktivnu interferenciju zraka koje su označene kao crvene i zelene na slici. Obje zrake se reflektiraju dolazeći iz rjeđeg u gušće sredstvo pa obje poprime fazni pomak od π koji se onda poništi, tj. nema utjecaja na razliku optičkih puteva. ([**1 bod**]) Dodatni put koji zelena zraka prolazi je duljine $2d$ u sredstvu indeksa n_1 pa je razlika optičkih puteva $2dn_1$ [**1 bod**], odnosno uvjet "efikasne" refleksije je:

$$\lambda = 2dn_1, \quad [\mathbf{1\,bod}] \tag{11}$$

iz čega slijedi:

$$d = \frac{\lambda}{2n_1} = 184\,\text{nm}. \quad [\mathbf{1\,bod}] \tag{12}$$

b.) Uvjeti refleksije plave, tj. propuštanja zelene svjetlosti su sljedeći:

$$k_p\lambda_p = 2dn_1, \quad \left(k_z + \frac{1}{2}\right)\lambda_z = 2dn_1. \quad [\mathbf{2\,boda}] \tag{13}$$

Cilj je naći minimalne cijele brojeve k_p i k_z koji ispunjavaju oba uvjeta. Kombiniranjem dva uvjeta slijedi:

$$\frac{2k_p}{2k_z+1} = \frac{\lambda_z}{\lambda_p} = \frac{26}{23}. \quad [\mathbf{1\,bod}] \tag{14}$$

Najmanja cjelobrojna rješenja su $k_p = 13$ i $k_z = 11$ koja daju minimalni d. [**2 boda**]
Općenito ima beskonačno rješenja za parove (k_p, k_z) oblika $(26l + 13, 23l + 11)$, $l \in \mathbb{Z}$.
Uvrštavanjem $k_p = 13$ u (13) slijedi:

$$d = 2.392\,\mu\text{m}. \quad [\mathbf{1\,bod}] \tag{15}$$

4. zadatak *(10 bodova)*

a.) Konačna brzina v kojom se neutroni gibaju dobije se iz zakona očuvanja količine gibanja. S obzirom na relativističke brzine neutrona, treba koristiti prikladne izraze za količinu gibanja. Slijedi:

$$\frac{m_n v_1}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}} - \frac{m_n v_2}{\sqrt{1-\frac{v_2^2}{c^2}}} = 2\frac{m_n v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}. \quad [\mathbf{3\,boda}] \tag{16}$$

Ako za ukupnu početnu količinu gibanja po jedinici mase uvedemo pokratu p_0 onda preuređivanjem (16) slijedi:

$$v = \frac{p_0 c}{\sqrt{p_0^2 + 4c^2}}, \quad [\mathbf{2\,boda}] \tag{17}$$

gdje p_0 možemo izračunati jer znamo v_1 i v_2. Slijedi:

$$p_0 = 2.716 \times 10^7\,\mathrm{m\,s^{-1}} \;\Rightarrow\; v = 1.357 \times 10^7\,\mathrm{m\,s^{-1}}. \quad [\mathbf{1\,bod}] \tag{18}$$

b.) Za energiju također koristimo relativističke izraze. Izgubljena energija tada je:

$$\Delta E = m_n c^2 \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}} + \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}} - 2\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right] = mc^2, \quad [\mathbf{2 + 1^*\,boda}] \tag{19}$$

gdje je druga jednakost zbog ekvivalencije mase i energije* (m je ukupna masa stvorenih čestica). Slijedi:

$$m = m_n \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}} + \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}} - 2\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right] = 1.40 \times 10^{-28}\,\mathrm{kg}. \quad [\mathbf{1\,bod}] \tag{20}$$

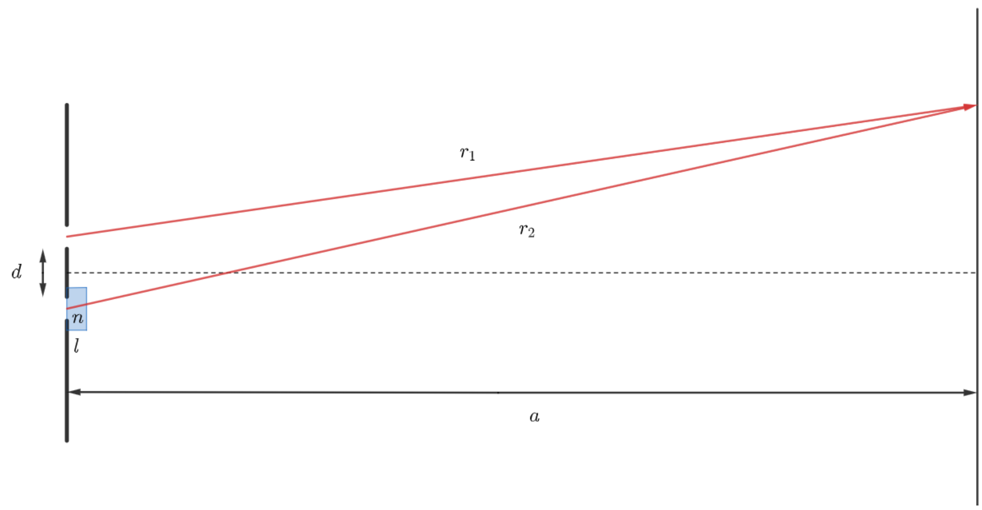
5. zadatak *(11 bodova)*

Na donjoj skici dan je prikaz Youngovog pokusa (sa planparalelnom pločom).
a.) Kada nema planparalelne ploče za razliku optičkih puteva možemo koristiti standardnu formulu za uvjet difrakcije na dvije pukotine kada je a puno veći od d. Tada je pomak k-tog maksimuma od središnjeg na zastoru dan sa:

$$s_k = k\frac{\lambda a}{d}, \quad [\mathbf{2\,boda}] \tag{21}$$

odnosno razmak između dva susjedna maksimuma je:

$$s = \frac{\lambda a}{d} = 0.6\,\mathrm{mm}. \quad [\mathbf{2\,boda}] \tag{22}$$



b.) Jednadžba (21) slijedi iz toga da je razlika optičkih puteva $r_2 - r_1 = ds_k/a$, kada je $a \gg d$. **[1 bod]**
Ubacivanje ploče na desnu pukotinu mijenja optički put druge zrake. S obzirom da je $a \gg d$ zraka duljine r_2 prolazi gotovo okomito kroz ploču, tj. duljina zrake koja prolazi kroz ploču je l [**1 bod**].
Time dolazi do promjene optičkog puta r_2 zrake za $l(n-1)$ (jer je taj dio sada u sredstvu indeksa loma l umjesto u zraku). [**1 bod**]
Označimo li sada poziciju k-tog maksimuma sa s'_k vrijedi:

$$k\lambda = \frac{ds'_k}{a} + l(n-1), \quad [\mathbf{2\,boda}], \tag{23}$$

odnosno za s'_k vrijedi:

$$s'_k = \frac{[k\lambda - l(n-1)]a}{d} = s_k - \frac{l(n-1)a}{d}. \quad [\mathbf{1\,bod}] \tag{24}$$

Drugi član opisuje pomak interferencijskog uzorka i vrijedi:

$$\Delta = -\frac{l(n-1)a}{d} = -4\,\mathrm{cm}, \tag{25}$$

tj. pomak je $4\,\mathrm{cm}$ udesno (jer smo udaljenosti lijevo od središnjeg maksimuma na zastoru tretirali kao pozitivne). **[1 bod]**