

Rješenja završnog ispita iz Fizike 2
petak, 31. 1. 2014.

Teorijska pitanja

1.

(a) Dvije pukotine (rupice) u Youngovu pokusu (zaokružite jednu netočnu tvrdnju) su:

(1 bod)

- a) monokromatski,
- b) koherentni,
- c) točkasti,
- d) virtualni,
- e) realni

izvori svjetlosti koji daju ekvidistantne pruge interferencije na udaljenome zaslonu.

Rješenje: d)

(b) Bohrov model atoma (zaokružite tri točne tvrdnje):

(1 bod)

- a) Nadovezuje se na J.J. Thomsonov model atoma.
- b) Nadovezuje se na E. Rutherfordov *nuklearni* model atoma.
- c) Kutne količine gibanja elektrona u dopuštenim stazama atoma su *kvantizirane*.
- d) Foton se ne emitira za vrijeme gibanja elektrona dopuštenom stazom u atomu.
- e) Foton se emitira kad iz viših pobuđenih stanja elektron prelazi *samo* u osnovno stanje.

Rješenje: b), c) i d)

(c) Prolaskom monokromatske svjetlosti kroz leću može doći do (zaokružite jednu točnu tvrdnju):

(1 bod)

- a) sferne aberacije.
- b) kromatske aberacije.
- c) sferne i kromatske aberacije.
- d) promjene valne duljine.
- e) ništa od navedenog.

Rješenje: a)

(d) Monokromatska svjetlost pada na jednu pukotinu, a na udaljenom zastoru promatramo pojavu ogiba (difrakcije) svjetlosti. (zaokružite jednu točnu tvrdnju):

(1 bod)

- a) Užoj pukotini odgovara manja širina središnjeg maksimuma.
- b) Većoj energiji fotona odgovara manja širina središnjeg maksimuma.
- c) Manjoj valnoj duljini svjetlosti odgovara veća širina središnjeg maksimuma.
- d) Širina središnjeg maksimuma ne ovisi o frekvenciji svjetlosti.
- e) Širina središnjeg maksimuma ne ovisi o širini pukotine.
- f) Minimumi i maksimumi svjetlosti na zastoru opažaju se jedino kada su prisutne dvije ili više pukotina.
- g) Ništa od navedenog nije istinito.

Rješenje: b)

- (e) Eksperimentalne krivulje spektralne gustoće zračenja apsolutno crnog tijela pokazuju (zaokružite jednu točnu tvrdnju):

(1 bod)

- a) da je intenzitet zračenja neovisan o T.
- b) da je zračenje crnog tijela kvantizirano.
- c) da maksimumi krivulja ovise o temperaturi tijela, prema Wienovu zakonu.
- d) da krivulja ide u nulu za velike valne duljine, a postaje beskonačna za male valne duljine ("ultravioletna katastrofa").
- e) da energija zračenja ovisi o intenzitetu zračenja.

Rješenje: c)

- (f) Do fotoefekta dolazi (zaokružite dvije točne tvrdnje):

(1 bod)

- a) kada monokromatska svjetlost ima frekvenciju manju od granične frekvencije.
- b) kada bijela svjetlost velikog intenziteta, većeg od graničnog, prolazi kroz staklo koje eliminira (apsorbira) slabo ultravioletno (ultraljubičasto) zračenje, te omogućuje akumulaciju energije i time izbacivanje elektrona.
- c) kada monokromatski val ima frekvenciju veću od granične, ispod koje nema pojave fotoefekta.
- d) kada dva vala monokromatske svjetlosti frekvencija manjih od granične interferiraju, te tako nastaje rezultatni val frekvencije veće od granične koji izbacuje elektrone.
- e) kada bijela svjetlost sadrži komponente čije su frekvencije veće od granične te tako imaju dovoljno energije za izbacivanje elektrona.

Rješenje: c) i e)

- (g) Kolega Radomir propušta snop prirodne svjetlosti kroz niz od tri polarizatora koje je redom označio brojevima 1, 2 i 3. Na izlazu iz čitavog sustava opaža se svjetlost. Radomir tvrdi da će, ukloni li jedan od tih polarizatora, svjetlosti na izlazu iz sustava nestati. Koji polarizator on mora ukloniti kako bi nam to pokazao (zaokružite jednu točnu tvrdnju):

(1 bod)

- a) Polarizator 1.
- b) Polarizator 2.
- c) Polarizator 3.
- d) Bilo koji polarizator.
- e) Takva situacija nije moguća (Radomir se samo našalio).

Rješenje: b)

2.

- (a) Izvedite izraz za intenzitet elektromagnetskog zračenja pri difrakciji na jednoj pukotini.

(5 bodova)

- (b) Izvedite zakon radioaktivnog raspada, izraz za vrijeme poluraspada te izraz za ovisnost aktivnosti o vremenu **(3 boda)**. Objasnite nuklearne raspade alfa (α), beta (β) i gama (γ). **(1 bod)**

Zadaci

1. Konkavno sferno zrcalo žarišne daljine 10 cm nalazi se na udaljenosti 50 cm ispred divergentne leće. Predmet se nalazi na udaljenosti 15 cm od konkavnog zrcala na optičkoj osi između zrcala i leće. Zrake svjetlosti padaju prvo na zrcalo, a zatim na leću. Ukupno povećanje je -0,75. Kolika je žarišna daljina divergentne leće?
(7 bodova)

Rješenje:

$$a_1 = 15 \text{ cm}$$

$$f_1 = 10 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$m = -0,75$$

$$\frac{1}{b_1} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{a_1}$$

$$\frac{1}{b_1} = \frac{1}{10 \text{ cm}} - \frac{1}{15 \text{ cm}} = \frac{1}{30 \text{ cm}}$$

$$b_1 = 30 \text{ cm}$$

$$m_1 = -\frac{b_1}{a_1}$$

$$m_1 = -\frac{30}{15} = -2$$

$$a_2 = d - b_1$$

$$a_2 = 20 \text{ cm}$$

$$m = m_1 m_2$$

$$m_2 = \frac{-\frac{3}{4}}{-2} = \frac{3}{8}$$

$$m_2 = -\frac{b_2}{a_2}$$

$$b_2 = -\frac{3}{8} \cdot 20 \text{ cm} = -7,5 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{20 \text{ cm}} - \frac{1}{7,5 \text{ cm}} = -\frac{1}{12 \text{ cm}}$$

$$f_2 = -12 \text{ cm}$$

2. Tanki sloj prozirnog materijala indeksa loma $n_m = 1.5$ pokazuje da se u zraku poništava valna duljina $\lambda_1 = 600 \text{ nm}$ pri (skoro) okomitom upadnom kutu. Sloj se može napraviti tako da mu je debljina veća od dvije valne duljine λ_1 . Za koliko se najmanje mora povećati debljina sloja koji se stavi na staklo ($n_{\text{staklo}} > n_m$) da bi se maksimalno pojačala valna duljina $\lambda_2 = 555 \text{ nm}$?
(7 bodova)

Rješenje:

Za tanki sloj materijala u zraku vrijedi:

$$\Delta\phi = \pi + \frac{2\pi}{\lambda_1} n_m 2d_1, \quad d_1 = \text{debljina sloja prozirnog materijala} \quad (1)$$

Iz uvjeta za minimume (destruktivna interferencija) $\cos \Delta\phi/2 = 0$ slijedi:

$$d_1 = m_1 \frac{\lambda_1}{2n_m} = m_1 \times 200 \text{ nm}, \quad m_1 \in \mathbb{Z} \quad (2)$$

S obzirom da mora biti $t_1 > 2\lambda_1$ slijedi:

$$m_1 = 7, \rightarrow d_1 = 1400 \text{ nm} \quad (3)$$

Za tanki sloj materijala na staklu vrijedi:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda_2} n_m 2d_2 \quad (4)$$

Iz uvjeta za maksimume $\cos \Delta\phi/2 = m_2\pi$, $m_2 \in \mathbb{Z}$ slijedi:

$$d_2 = m_2 \frac{\lambda_2}{2n_m} = m_2 \times 185 \text{ nm} \quad (5)$$

Iz uvjeta $d_2 > 1200 \text{ nm}$ dobijemo $m_2 = 7$ te $d_2 = 1295 \text{ nm}$ a iz uvjeta $d_2 > d_1$ dobijemo $d_2 = 1480 \text{ nm}$ ($m_2 = 8$), tj.

$$d_2 - d_1 = \{-105, 80\} \text{ nm} \quad (6)$$

3. Foton valne duljine $\lambda = 50 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ raspršuje se na mirnom elektronu tako da je promjena energije fotona maksimalna. Odredite količinu gibanja raspršenog elektrona u jedinicama eV/c .
(5 bodova)

Rješenje:

Iz Comptonove formule

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{mc}(1 - \cos \theta)$$

slijedi da je promjena energije maksimalna za $\theta = \pi$, tj.

$$\lambda' = \lambda + 2 \frac{h}{mc}$$

Iz zakona očuvanja količine gibanja dobijemo da je kut raspršenog elektrona $\phi = 0$ i količina gibanja

$$p_e = p_\gamma + p_{\gamma'} = h \left(\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda'} \right) = 48.5 \text{ keV}/c$$

4. Elektron u vodikovom atomu se nalazi u trećem pobuđenom stanju ($n=4$). a) Ako atom apsorbira X-zraku valne duljine 50 nm, odredite maksimalnu brzinu izbačenog elektrona. b) Kolika je minimalna frekvencija X-zrake koja će ionizirati vodik u trećem pobuđenom stanju?
(5 bodova)

Rješenje:

a)

$$n = 4, \quad E_4 = -13.6/4^2 = -0.85 \text{ eV}$$

$$E_X = hc/\lambda = 24.84 \text{ eV}$$

b)

$$E_k = E_X - |E_4| = 1/2 mv^2 = 23,99 \text{ eV}$$

$$v = 2.91 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$$\nu = |E_4|/h = 0.205 \times 10^{15} \text{ Hz}$$