Rješenja završnog ispita iz Fizike 2
ponedjeljak, 8. 2. 2016.

<u>Teorijska pitanja</u>

1.1 Ravni elektromagnetski val se širi prema sjeveru. Ako u nekom trenutku vektor E gleda prema istoku, vektor $\vec{B}$ u tom trenutku gleda prema (zaokružite točnu tvrdnju):
(1 bod)
a) gore
b) dolje
c) sjeveru
d) istoku
e) zapadu
f) jugu
g) B = 0 (smjer je neodređen)

Rješenje: b)

1.2 Snop bijele svjetlosti pada okomito na staklenu planparalelnu ploču indeksa loma *n*. Pri prolazu svjetlosti kroz ploču (zaokružite točnu tvrdnju):
(1 bod)
a) neće doći do disperzije svjetlosti
b) pri disperziji svjetlosti najviše će se otkloniti crvena komponenta
c) pri disperziji svjetlosti najviše će se otkloniti plava komponenta
d) pri disperziji svjetlosti najmanje će se otkloniti crvena komponenta
e) ništa od navedenog

Rješenje: a)

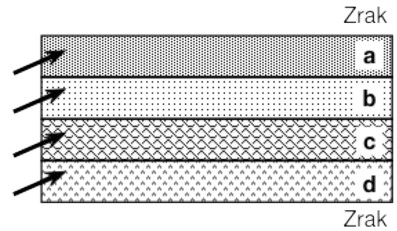
1.3 Iz metalne pločice obasjane svjetlošću ne izlaze elektroni. Da bi elektroni izašli iz pločice potrebno je (zaokružite točnu tvrdnju):
(1 bod)
a) smanjiti frekvenciju svjetlosti,
b) povećati frekvenciju svjetlosti,
c) povećati intenzitet svjetlosti,
d) povećati valnu duljinu svjetlosti,
e) odustati, jer svjetlost ne može izbaciti elektrone iz metalne pločice.

Rješenje: b)

1.4 Alfa čestica, elektron i proton imaju jednake količine gibanja. De Broglijeve valne duljine čestica su redom: λ_α, λ_e i λ_p. Zaokružite točnu tvrdnju:
(1 bod)
a) $\lambda_\alpha < \lambda_e > \lambda_p$
b) $\lambda_\alpha > \lambda_e = \lambda_p$
c) $\lambda_\alpha = \lambda_e < \lambda_p$
d) $\lambda_\alpha = \lambda_e = \lambda_p$
e) $\lambda_\alpha > \lambda_e > \lambda_p$

Rješenje: d)

1.5 Na slici je prikazana struktura načinjena od četiri duga horizontalna sloja različitih materijala. Indeksi loma materijala su n_a = 1.2, n_b = 1.4, n_c = 1.5, n_d = 1.3. Svjetlost upada s lijeve strane svakog sloja. U kojem je sloju moguće potpuno zarobiti svjetlost, tako da sva upadna svjetlost nakon mnogo refleksija stigne do desnog kraja sloja? (Zaokružite točnu tvrdnju:)
(1 bod)



a) u sloju a
b) u sloju b
c) u sloju c
d) u sloju d
e) niti u jednom sloju

Rješenje: c)

1.6 U Youngovu pokusu s dvije pukotine, pomičete se na zastoru od jedne svijetle pruge do sljedeće, koja se nalazi dalje od simetrale pukotina. Razlika optičkih putova se (zaokružite točnu tvrdnju):
(1 bod)
a) smanjuje za $\lambda/2$
b) smanjuje za λ
c) povećava za λ
d) povećava za $\lambda/2$

Rješenje: c)

1.7 Metalna pločica je osvijetljena svjetlošću neke frekvencije. Što od sljedećeg određuje hoće li elektroni biti emitirani iz metala? (Zaokružite točnu tvrdnju.)
(1 bod)
a) Intenzitet svjetla,
b) trajanje izloženosti svjetlu,
c) površina metalne pločice,
d) vrsta metala od kojeg je pločica načinjena.

Rješenje: d)

1.8 Pri difrakciji dvobojne svjetlosti valnih duljina λ_1 i λ_2 na pukotini širine a (zaokružite točnu tvrdnju:)
(1 bod)
a) položaj prvog sporednog maksimuma može se pojaviti na zastoru na istom mjestu ako između λ_1 i λ_2 postoji odgovarajući odnos,
b) razmaci minimuma za λ_1 i λ_2 ne ovise o valnim duljinama, već samo o širini pukotine,
c) razmaci sporednih maksimuma moraju se odrediti numeričkim postupkom,
d) centralni maksimumi za λ_1 i λ_2 razmaknuti su na zastoru za višekratnik širine pukotine.

Rješenje: c)

1.9 Kuglica A ima upola manji promjer i dvostruko veću temperaturu od kuglice B. Snage toplinskih zračenja ovih kuglica odnose se kao (zaokružite točnu tvrdnju):
(1 bod)
a) $P_A : P_B = 4 : 1$
b) $P_A : P_B = 2 : 1$
c) $P_A : P_B = 1 : 1$
d) $P_A : P_B = 1 : 2$
e) $P_A : P_B = 1 : 4$

Rješenje: a)

1.10 Element Y nastao β^- raspadom elementa X, nalazi se u periodnom sustavu elemenata (zaokružite točnu tvrdnju):
(1 bod)
a) 2 mjesta ispred X
b) 1 mjesto ispred X
c) na istom mjestu kao X
d) 1 mjesto iza X
e) 2 mjesta iza X

Rješenje: d)

2.1 Izvedi izraz za amplitudu električnog polja pri interferenciji elektromagnetskih valova iz N koherentnih izvora (npr. optička rešetka).
(3 boda)
2.2 Izvedi izraz za promjenu valne duljine fotona pri Comptonovom raspršenju.
(3 boda)
(Sve izvode popratite detaljnim opisima i skicama.)

<u>**Zadaci**</u>

1. Električno polje elektromagnetskog vala opisano je izrazom

$$\vec{E}(z,t)=(25\,\vec{i}-30\,\vec{j})\cos[\omega t-kz] \quad \text{V/m},$$

gdje je k = 50 m^{-1}. Odredite tok magnetskog polja tog vala kroz pravokutnik određen s $0 < x < 1$ m, $y = 0$, $0 < z < 1$ m u $t = 0$.
(6 bodova)

Rješenje:

$$\overrightarrow{B_0} = \vec{k} \times \frac{\overrightarrow{E_0}}{c} = \vec{k} \times \frac{(25\,\vec{\imath} - 30\,\vec{\jmath})\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}}{c} = \frac{25\,\vec{\jmath} + 30\,\vec{\imath}}{3 \cdot 10^8}\ \mathrm{T} = (8{,}333 \cdot 10^{-8}\,\vec{\jmath} + 10^{-7}\,\vec{\imath})\ \mathrm{T}$$

$$\vec{B} = (\vec{\imath} + 0{,}833\,\vec{\jmath}) \cdot 10^{-7}\ \mathrm{T}\ \cos(\omega t - 50\,z)$$

$$d\vec{S} = dx\ dz\ \vec{\jmath}$$

$$\Phi = \iint_0^1 (\vec{\imath} + 0{,}833\,\vec{\jmath}) \cdot 10^{-7}\ \cos(\omega t - 50\,z) \cdot \vec{\jmath}\ dx\ dz\ \mathrm{Tm}^2 =$$

$$= 0{,}833 \cdot 10^{-7} \iint_0^1 \cos(\omega t - 50\,z)\ dx\ dz\ \mathrm{Tm}^2 =$$

$$= 0{,}833 \cdot 10^{-7} \int_0^1 \cos(\omega t - 50\,z)\ dz\ \mathrm{Tm}^2 =$$

$$= -\frac{0{,}833 \cdot 10^{-7}}{50} \sin(\omega t - 50\,z)\ /_0^1\ \mathrm{Tm}^2 =$$

$$= -\frac{0{,}833 \cdot 10^{-7}}{50} [\sin(\omega t - 50) - \sin(\omega t)]\ \mathrm{Tm}^2$$

$$t = 0$$

$$\Phi = -\frac{0{,}833 \cdot 10^{-7}}{50} \sin(-50)\ \mathrm{Tm}^2 = -4{,}371 \cdot 10^{-10}\ \mathrm{Tm}^2$$

2. Stakleni štap ima indeks loma 1.6. Oba kraja štapa su konveksne sferne površine. Lijevi kraj ima polumjer zakrivljenosti 6 cm, a desni kraj ima polumjer zakrivljenosti 12 cm. Između vrhova lijevog i desnog kraja duljina štapa je 40 cm. Predmet se nalazi s lijeve strane štapa na udaljenosti 23 cm od lijevog kraja štapa. Kakva je (virtualna ili realna) i gdje se nalazi slika predmeta koju daje štap?
(6 bodova)

Rješenje:

$$\frac{1{,}00}{23{,}0\ \mathrm{cm}} + \frac{1{,}60}{s_1'} = \frac{1{,}60 - 1{,}00}{6{,}00\ \mathrm{cm}}$$

$$s_1' = 28{,}308\ \mathrm{cm}$$

$$s_2 = 40{,}0\ \mathrm{cm} - 28{,}308\ \mathrm{cm} = 11{,}692\ \mathrm{cm}$$

$$\frac{1{,}60}{11{,}692\ \mathrm{cm}} + \frac{1{,}00}{s_2'} = \frac{1{,}00 - 1{,}60}{-12{,}0\ \mathrm{cm}}$$

$$s_2' = -11{,}515\ \mathrm{cm}$$

uvećana, obrnuta i virtuelna

3. Zaustavni potencijal za elektrone izbačene iz nekog metala svjetlošću frekvencije $2.2 \cdot 10^{15}$ Hz je 6.6 V. Odredite zaustavni potencijal za elektrone izbačene iz istog metala svjetlošću frekvencije $4.6 \cdot 10^{15}$ Hz.
(6 bodova)

Rješenje:

$$e\,U_1 = h\,f_1 - W_i$$
$$e\,U_2 = h\,f_2 - W_i$$

$$e\,U_2 - e\,U_1 = h\,f_2 - h\,f_1$$
$$U_2 = U_1 + \frac{h}{e}\,(f_2 - f_1)$$
$$U_2 = 6{,}6\ \mathrm{V} + \frac{6{,}626\cdot 10^{-34}}{1{,}6\cdot 10^{-19}}\,(4{,}6-2{,}2)\,10^{15}\ \mathrm{V} = 16{,}5\ \mathrm{V}$$

4. Metalnu kuglu polumjera r = 0.5 m grijemo do temperature pri kojoj je maksimum jakosti zračenja pri valnoj duljini $\lambda = 9.66\cdot 10^{-7}$ m, a zatim prestajemo s grijanjem. Uz pretpostavku da kugla zrači kao crno tijelo, kolika je masa kugle, ako se nakon 2s ona ohladi na 800 K. (Pretpostavlja se da je temperatura okoline pri 0K.) Specifični toplinski kapacitet metala kugle c = 155 J/(kg K).
(6 bodova)

Rješenje:

Rješenje:
Iz Wienovog zakona možemo izračunati temperaturu do koje je zagrijana kugla:

$$\lambda_m T_1 = 2.898\cdot 10^{-3}\ \mathrm{mK} \Longrightarrow T_1 = 3000\ \mathrm{K}. \tag{18}$$

Iz Stefan-Boltzmannovog zakona jakost zračenja dana je:

$$I = \sigma T^4, \tag{19}$$

snaga je:

$$P = \sigma S T^4 = \sigma 4\pi r^2 T^4. \tag{20}$$

snaga je povezana s toplinom:

$$P = -\frac{dQ}{dt} = -mc\frac{dT}{dt}, \tag{21}$$

uvrstimo snagu natrag u Stefan-Boltzmannov zakon i dobivamo:

$$-mc\frac{dT}{dt} = \sigma 4\pi r^2 T^4, \tag{22}$$

prebacimo vrijeme na desnu strane, a temperaturu na lijevu te integriramo:

$$-\int_{T_1}^{T_2}\frac{dT}{T^4} = \frac{4\pi\sigma r^2}{mc}\int_0^t dt, \tag{23}$$

$$\frac{1}{3}\left(\frac{1}{T_2^3} - \frac{1}{T_1^3}\right) = \frac{4\pi\sigma r^2}{mc}t, \tag{24}$$

sredimo i konačno masa je:

$$m = \frac{12\pi\sigma r^2 t}{c\left(\frac{1}{T_2^3} - \frac{1}{T_1^3}\right)} = 11.2\ \mathrm{kg}. \tag{25}$$