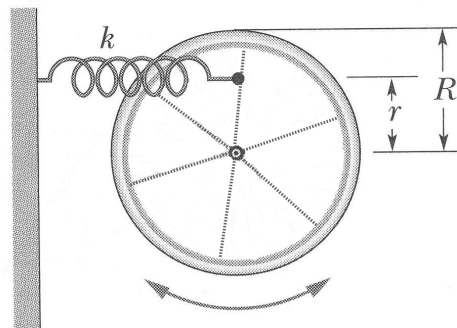


Rješenja zadataka dekanskog ispitnog roka iz Fizike 2
srijeda, 17. 09. 2014.

1. Kotač koji se sastoji od obruča mase 2,6 kg, radijusa R i 6 žbica duljine R , svaka mase 0,1 kg, može rotirati oko horizontalne osi koja prolazi kroz središte kotača i okomita je na ravninu kotača. Horizontalna opruga konstante elastičnosti 25 Nm^{-1} pričvršćena je jednim krajem u točku na žbici kotača na udaljenosti $r = \frac{3}{4}R$ od središta kotača, a drugim krajem u točku na vertikalnom zidu s lijeve strane kotača. Koliki je period malih titranja koje izvodi kotač pod utjecajem opruge? **(8 bodova)**



Rješenje:

Kad se kotač iz ravnotežnog položaja zarotira za mali kut θ , javlja se sila opruge koja daje moment sile s obzirom na os oko koje kotač može rotirati:

$$\tau = -kr\theta \cdot r$$

koji teži smanjiti θ .

Prema jednadžbi gibanja za rotaciju krutog tijela:

$$-kr^2\theta = I\ddot{\theta}$$

Za kotač sa žbicama:

$$I = MR^2 + 6 \cdot \frac{mR^2}{3} = (M + 2m)R^2$$

Uvrštavanjem u jednadžbu gibanja:

$$-kr^2\theta = (M + 2m)R^2\ddot{\theta}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{kr^2}{(M + 2m)R^2}\theta = 0$$

Dobili smo jednadžbu gibanja harmoničkog oscilatora gdje je:

$$\omega = \sqrt{\frac{kr^2}{(M + 2m)R^2}} = \frac{r}{R} \sqrt{\frac{k}{M + 2m}}$$

kružna frekvencija titranja.

Period titranja je:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$T = 2\pi \frac{R}{r} \sqrt{\frac{M + 2m}{k}}$$

Uvrštavanjem numeričkih vrijednosti:

$$T = 2\pi \frac{4}{3} \sqrt{\frac{2,6 + 2 \cdot 0,1}{25}} = 2,804 \text{ s}$$

2. Svirala otvorena na oba kraja, čija je osnovna frekvencija ($n=1$) 440 Hz, ima frekvenciju drugog harmonika ($n=2$) jednaku frekvenciji trećeg harmonika ($n=3$) za sviralu zatvorenu na jednom, a otvorenu na drugom kraju. Koliko je duga svaka svirala? Uzeti da je brzina zvuka u zraku 348 ms^{-1} . **(6 bodova)**

Rješenje:

Svirala otvorena na oba kraja:

$$f_n = \frac{v}{2L_1} n$$

$$L_1 = \frac{v}{2f_1}$$

$$L_1 = \frac{348}{2 \cdot 440} \text{ m} = 0,395 \text{ m}$$

Svirala zatvorena na jednom, a otvorena na drugom kraju:

$$f_n = \frac{v}{4L_2} (2n-1)$$

$$f_3 = \frac{5v}{4L_2}$$

$$f_3 = 2 \cdot 440 \text{ Hz} = 880 \text{ Hz}$$

$$L_2 = \frac{5v}{4f_3}$$

$$L_2 = \frac{5 \cdot 348}{4 \cdot 880} \text{ m} = 0,494 \text{ m}$$

3. Magnetsko polje u linearno polariziranom valu dano je s $B_x = (3.3 \cdot 10^{-6} \text{ T}) \sin[(2.2 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1})y + \omega t]$, ($B_y=B_z=0$). U kojem smjeru titra električno polje i kolika je frekvencija ω ? **(6 bodova)**

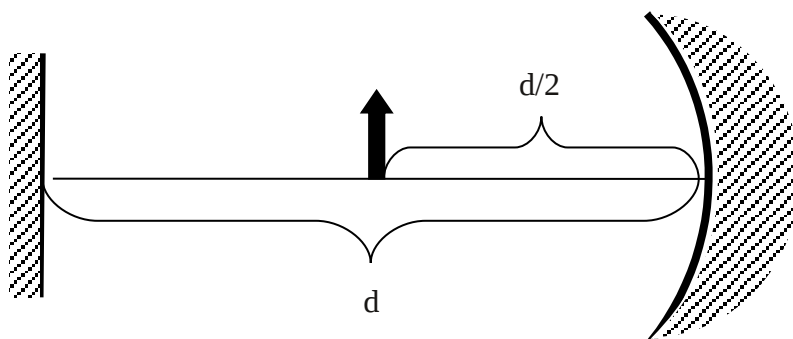
Rješenje:

Iz zadanog oblika vala očito je da se val propagira u smjeru y -osi (negativni smjer), a magnetsko polje oscilira duž x -osi. Za elektromagnetski val znamo da su vektor električnog polja, vektor magnetskog polja i vektor smjera širenja vala, uvijek međusobno okomiti. Zaključujemo da električno polje titra duž z -osi.

Općeniti oblik magnetskog polja u elektromagnetskom valu je $\vec{B}(\vec{r}, t) = \vec{B}_0 \cos(\vec{k}\vec{r} - \omega t + \phi_0)$. Veza između valnog vektora k i kružne frekvencije $\omega = |\vec{k}|c$.

Za zadane brojeve $\omega = 6.6 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$, ili možemo napisati linearnu frekvenciju $\nu = \omega/2\pi = 1.05 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.

4. Konkavno zrcalo žarišne duljine $f=25$ cm nalazi se nasuprot ravnom zrcalu na udaljenosti $d=70$ cm. Predmet se nalazi u sredini tog razmaka. Jedna se slika formira kada se svjetlost prvo reflektira na konkavnom a zatim na ravnom zrcalu, a druga najprije refleksijom na ravnom a zatim na konkavnom zrcalu. Koliko su međusobno udaljene te dvije slike? **(7 bodova)**



Rješenje:

Kada je refleksija najprije na konkavnom zrcalu vrijedi

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f}$$

to jest

$$\frac{1}{35 \text{ cm}} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{25 \text{ cm}}$$

te se dobije

$$b_1 = 87,5 \text{ cm}$$

ali kako konačna slika nastaje refleksijom na ravnom zrcalu tada je položaj ove slike na udaljenosti

$$y_1 = 52,5 \text{ cm}$$

U drugom slučaju refleksija je najprije na ravnom zrcalu pa zatim na konkavnom. Tada je

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

gdje je $a_2=105$ cm što daje

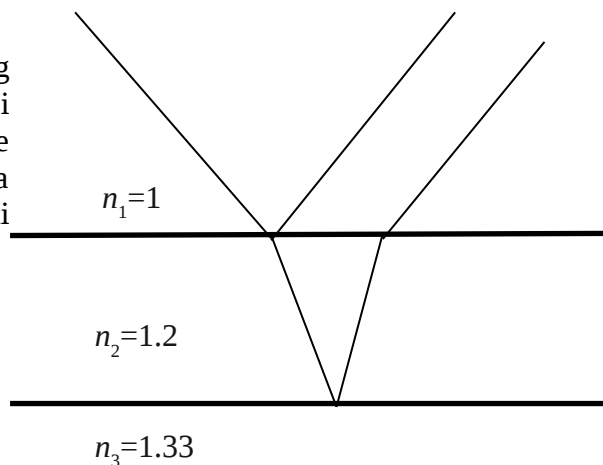
$$b_2 = 32,8 \text{ cm}$$

a to je ujedno i y_2 .

Konačno je međusobna udaljenost dviju tako nastalih slika

$$y_1 - y_2 = 19,7 \text{ cm}$$

5. Na tanki sloj ulja (indeksa loma $n_2=1.2$) razlivenog na vodi upada bijela svjetlost pod kutom 45° i djelomično se reflektira s gornje i kontaktne površine (vidi sliku). Pri kojoj će minimalnoj debljini sloja ulja crvena svjetlost valne duljine $\lambda=630$ nm biti maksimalno pojačana? **(7 bodova)**



Rješenje:

Kut loma upadne zrake je

$$\sin \beta = \sin \alpha \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \beta = 36,1^\circ$$

Za l_1 se dobije,

$$l_1 = \frac{d}{\cos \beta}$$

za x ,

$$x = 2d \tan \beta$$

a za l_2

$$l_2 = 2d \tan \beta \sin \alpha$$

Razlika optičkih puteva je

$$\delta = 2n_2 l_1 - n_1 l_2$$

Kako se obje zrake reflektiraju na gušćem sredstvu nema doprinosa relativnoj fazi koji bi se javljao zbog toga te je razlika faza

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{2d}{\cos \beta} (n_2 - \sin \alpha \sin \beta)$$

Za maksimume vrijedi

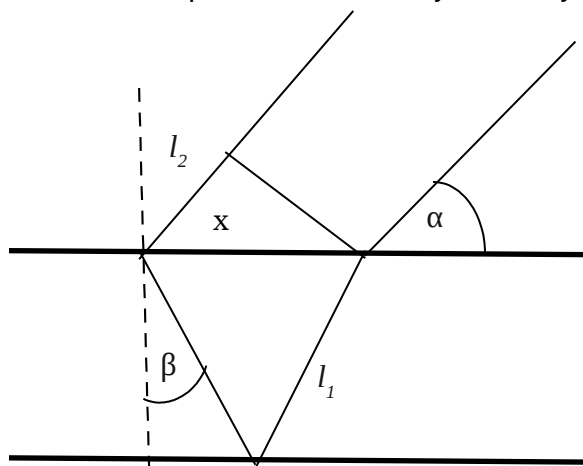
$$\frac{\varphi}{2} = m\pi$$

β
pa slijedi za debljinu sloja ulja

$$d = \frac{m\lambda \cos \beta}{2(n_2 - \sin \alpha \sin \beta)}$$

te odbacujući $m=0$ kao trivijalan slučaj dobijemo

$$d = 325 \text{ nm}$$



6. Crno tijelo ima oblik sfere polumjera $R = 1$ m i temperaturu 20°C . Izračunajte snagu zračenja tog crnog tijela. **(6 bodova)**

Rješenje:

Stefan-Boltzmannov zakon daje snagu zračenja crnog tijela: $P = \sigma ST^4$, gdje je σ Boltzmannova konstanta, S površina tijela, a T temperatura izražena u Kelvinima.

Za zadane brojeve $P = \sigma(4R^2\pi)T^4 = 5262$ W.