

Rješenja zadataka jesenskog ispitnog roka iz Fizike 2
četvrtak, 5. 9. 2013.

1. Šalica stoji na horizontalnoj podlozi koja jednostavno harmonički titra u horizontalnom smjeru amplitudom 0,5 m. Pronađite maksimalnu frekvenciju tog titranja pri kojoj još neće doći do proklizavanja šalice. Faktor trenja između šalice i podloge iznosi 0,42.
(6 bodova)

Rješenje:

Sila na šalicu zbog inercije pri titranju je maksimalna kada se dogodi promjena smjera titranja. Formula koja opisuje akceleraciju pri titranju je:

$$a(t) = A\omega^2 \sin(\omega t)$$

Maksimalna akceleracija zbog titranja je $A\omega^2$.

Uvjet da ne dođe do klizanja je da maksimalna sila zbog inercije pri promjeni smjera bude manja od trenja na podlozi.

$$\begin{aligned}\mu m g &> m a_{\max} \\ \mu m g &> m A\omega^2\end{aligned}$$

Iz toga se dobije

$$\begin{aligned}\omega_{\max}^2 &= \mu g / A \\ \omega_{\max} &= 1,43 \text{ rad/s} \\ f_{\max} &= 0,23 \text{ Hz}\end{aligned}$$

2. Disk mase $m = 200$ g i polumjera $R = 20$ cm obješen je kroz središte na torzionu nit (nit i ravnina diska su međusobno okomiti). Period harmoničkih oscilacija tog sustava je $T = 2,2$ s. Zatim se na disk pričvrsti tijelo nepravilnog oblika, te se za novi sustav izmjeri period harmoničkih oscilacija $T = 3,8$ s. Izračunajte moment tromosti tijela nepravilnog oblika oko osi koja se podudara s torzionom niti. **(7 bodova)**

Rješenje:

Moment tromosti diska oko osi koja prolazi njegovim središtem (okomito na ravninu diska) je $I_{\text{disk}} = \frac{1}{2}mR^2$, gdje je m masa, a R polumjer diska. Period oscilacija torzionog njihala dan je s:

$$T_{\text{disk}} = 2\pi\sqrt{\frac{I_{\text{disk}}}{D}},$$

gdje je D torziona konstanta, a I moment tromosti njihala oko osi koja se podudara s torzionom niti.

Za novi sustav (disk i nepravilno tijelo) moment tromosti je zbroj $I_{\text{tot}} = I_{\text{disk}} + I_{\text{tijelo}}$.

Torziona konstanta D je ista u oba slučaja, pa ju možemo eliminirati ($\frac{D}{4\pi^2} = \frac{I}{T^2}$):

$$\frac{I_{\text{disk}}}{T_{\text{disk}}^2} = \frac{I_{\text{disk}} + I_{\text{tijelo}}}{T_{\text{sustav}}^2}.$$

Iz prethodne jednadžbe dobijemo za nepravilno tijelo $I_{\text{tijelo}} = I_{\text{disk}} \left(\frac{T_{\text{disk}}^2}{T_{\text{sustav}}^2} - 1 \right) = 0.00793 \text{ kg m}^2$.

3. Napetim užetom istovremeno putuju dva transverzalna vala: $y_1(t) = A \sin(\omega t - kx + \phi_1)$ i $y_2(t) = A \sin(\omega t - kx + \phi_2)$, s frekvencijom $f = 50$ Hz, amplitudom $A = 3$ cm i razlikom faza $\phi_2 - \phi_1 = 130^\circ$. Kolika je srednja snaga potrebna za pobuđivanje svakog od ova dva vala (kada bi oni nezavisno titrali) i koliku srednju snagu nosi rezultantni val? Uže je napeto silom 50 N, a masa po jedinici dužine je 0.1 kg m^{-1} . **(7 bodova)**

Rješenje:

Srednja snaga potrebna za pobuđivanje svakog vala zasebno ne ovisi o fazi:

$$\overline{P} = \frac{\mu}{2} A^2 \omega^2 v ,$$

gdje je μ masa po jedinici dužine, ω kružna frekvencija, A amplituda vala, $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ brzina propagacije vala, a F sila napetosti užeta. Za zadane brojeve (uz $\omega = 2\pi f$), dobijemo $\overline{P} = 99.2 \text{ W}$.

Superpozicijom ova dva vala dobijemo rezultantni val:

$$y(t) = y_1(t) + y_2(t)$$

$$y(t) = 2A \sin\left(\frac{\omega t - kx + \phi_1 + \omega t - kx + \phi_2}{2}\right) \cos\left(\frac{\omega t - kx + \phi_1 - \omega t + kx - \phi_2}{2}\right)$$

$$y(t) = 2A \sin\left(\omega t - kx + \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}\right) \cos\left(\frac{\phi_1 - \phi_2}{2}\right) .$$

Rezultantni val ima istu frekvenciju i brzinu propagacije, a amplituda mu ovisi o razlici faza:

$$A' = 2A \cos\left(\frac{\phi_1 - \phi_2}{2}\right) .$$

Konačno, srednja snaga koju prenosi rezultantni val je

$$\overline{P}' = \frac{\mu}{2} A'^2 \omega^2 v = 70.95 \text{ W} .$$

4. Predmet visok 1 cm udaljen je 6 cm od konvergentne leće čija je jakost 25 m^{-1} . Iza leće na udaljenosti 20 cm nalazi se konkavno zrcalo polumjera 8 cm. Gdje se nalazi slika predmeta u odnosu na leću i koliko je njeno ukupno povećanje? (8 bodova)

Rješenje:

$$\frac{1}{b_1} = J_1 - \frac{1}{a_1} \Rightarrow b_1 = 12 \text{ cm}$$

Povećanje je

$$m_1 = -\frac{b_1}{a_1} = -2$$

Slika je u središtu zrcala.

Za zrcalo vrijedi

$$\frac{1}{b_2} = \frac{2}{r} - \frac{1}{a_2} \Rightarrow b_2 = 8 \text{ cm}$$

a pripadno je povećanje

$$m_2 = -\frac{b_2}{a_2} = -1$$

Ova slika je sada predmet za leću te vrijedi

$$\frac{1}{a_3} + \frac{1}{b_3} = J_1 \Rightarrow b_3 = 6 \text{ cm}$$

U ovom je slučaju povećanje

$$m_3 = -\frac{b_3}{a_3} = -\frac{1}{2}$$

Ukupno je povećanje

$$m = m_1 m_2 m_3 = -1$$

Promatrač dakle, opaža obrnutu sliku, visoku 1 cm na mjestu gdje se nalazi i predmet.

5. U Youngovu pokusu dvije su pukotine obasjane monokromatskom svjetlošću valne duljine 480 nm. Prekrije li se jedna pukotina tankom folijom čiji je indeks loma 1,56 drugi minimum se pomakne na mjesto prijašnjeg petog maksimuma. Kolika je debljina folije? **(6 bodova)**

Rješenje:

Dodatna razlika u optičkom putu zbog prisutnosti folije je

$$\Delta l = (n-1)t$$

Bez folije razlika u optičkom putu između dvije zrake je

$$\Delta r = k\lambda, \quad k=5$$

Sa folijom razlika u optičkom putu između dvije zrake je

$$\Delta r' = (2k+1)\frac{\lambda}{2}, \quad k=1$$

Pa je

$$\Delta l = \lambda \left(5 - \frac{3}{2}\right)$$

$$(n-1)t = \frac{7\lambda}{2}$$

$$t = \frac{7\lambda}{2(n-1)}$$

$$t = \frac{7 \cdot 480 \text{ nm}}{2 \cdot 0,56} = 3 \mu\text{m}$$

6. Elektron u plinu vodika prelazi iz stanja s energijom -0,85 eV u stanje energije -3,4 eV. Kolika je valna duljina emitiranog fotona? Odredi glavne kvantne brojeve početnog i konačnog stanja elektrona. **(6 bodova)**

Rješenje:

$$E_n = -\frac{13,6 \text{ eV}}{n^2}$$

$$E_n = -0,85 \text{ eV}$$

$$-0,85 = -\frac{13,6}{n^2}$$

$$n=4$$

$$E_m = -3,4 \text{ eV}$$

$$m=2$$

Prijelaz je između stanja s kvantnim brojevima $n=4$ i $m=2$
 $n=4 \rightarrow m=2$

$$\frac{hc}{\lambda} = E_n - E_m$$

$$E_n - E_m = -0,85 \text{ eV} - (-3,4 \text{ eV}) = 2,55 \text{ eV}$$

$$\frac{hc}{\lambda} = 2,55 \text{ eV}$$

$$\lambda = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{2,55 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ m} = 487,2 \text{ nm}$$