

Rješenja ljetnog ispitnog roka iz Fizike 2

srijeda, 12. 7. 2017.

1. Pitanja višestrukog izbora

1.1 Ukupna energija jednostavnog harmoničkog oscilatora:

- (a) je maksimalna kada je čestica u ravnotežnom položaju i smanjuje se s povećanjem elongacije
- (b) je minimalna kada je čestica u ravnotežnom položaju i povećava se s povećanjem elongacije
- (c) proporcionalna je elongaciji oscilatora
- (d) uvijek je nula
- (e) uvijek je konstantna.

(e) je točno

1.2 U prigušenome titranju (slučaj slabog prigušenja), vrijedi:

- (a) Diferencijalna jednačba za harmonički oscilator s prigušenjem jest nehomogena.
- (b) Logaritamski dekrement prigušenja ovisi o kvadratu koeficijenta prigušenja.
- (c) Harmonički oscilator ima eksponencijalno prigušenje, ali titra frekvencijom slobodnog oscilatora ω_0 .
- (d) Harmonički oscilator ima eksponencijalno prigušenje, ali titra frekvencijom $\omega < \omega_0$.
- (e) Faktor (čimbenik) dobrote (Q-faktor) razmjeran je koeficijentu prigušenja u sustavu.

(d) je točno

1.3 U prigušenom oscilatoru opisanom jednačbom gibanja

$$\ddot{x} + 2\delta \dot{x} + \omega_0^2 x = 0,$$

pod djelovanjem vanjske periodičke sile može doći do rezonancije ako vrijedi

- (a) $0 < \delta$
- (b) $0 < \delta < \omega_0 / \sqrt{2}$
- (c) $\omega_0 / \sqrt{2} < \delta$
- (d) $0 < \delta < \omega_0$
- (e) $\omega_0 < \delta$

(b) je točno

1.4 Sinusni val frekvencije f putuje po napetom užetu brzinom v . Uže se umiri, napetost užeta se dva puta smanji i pošalje se sinusni val frekvencije $2f$. Kolika je sada brzina širenja vala?

- (a) $v / \sqrt{2}$
- (b) $\sqrt{2} v$
- (c) v
- (d) $2 v$
- (e) $4 v$

(a) je točno

1.5 Brzina širenja longitudinalnog vala tankim štapom napravljenim od elastičnog materijala X ovisi o

- (a) sili napetosti štapa u ravnotežnom stanju.
- (b) površini poprečnog presjeka štapa.
- (c) Poissonovu omjeru materijala X.
- (d) Youngovu modulu materijala X.
- (e) Linijskoj gustoći mase štapa.

(d) je točno

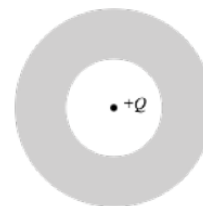
1.6 Kako bismo razinu buke povećali za 3 dB, snagu izvora (jakost zvuka) moramo povećati

- (a) približno 7 puta.
- (b) približno 3 puta.
- (c) približno 2 puta.
- (d) za približno 30%.
- (e) za približno 20%.

(c) je točno.

1.7 Pozitivni točkasti naboj $+Q$ nalazi se u središtu debele metalne sferne ljuske čiji je ukupni naboj 0. Koliki je naboj na unutarnjoj površini metalne ljuske?

- (a) 0
- (b) $+Q$
- (c) $-Q$
- (d) $+2Q$
- (e) $-2Q$



(c) je točno.

1.8 Faradayev zakon EM indukcije pokazuje

- (a) da se vremenski promjenljivo magnetsko polje može inducirati izmjeničnom strujom

- (b) da se elektromotorni napon inducira vremenskom promjenom magnetskog toka
- (c) da se elektromotorna sila javlja zbog prolaska izmjenične struje kroz vodič
- (d) da Gaussov zakon za magnetsko polje ima porijeklo u Lorentzovoj sili
- (e) da se nabijanjem kondenzatora generira Poyntingov vektor koji ima smjer prema središtu kondenzatora

(b) je točno.

1.9 Svjetlost prelazi iz sredstva 1 indeksa loma n_1 u sredstvo 2 indeksa loma n_2 . U kojem se slučaju može dogoditi totalna refleksija na granici ta dva sredstva?

- (a) kada je sredstvo 1 optički rjeđe nego sredstvo 2
- (b) kada je $n_1 > n_2$
- (c) kada se svjetlost širi brže u sredstvu 1 nego u sredstvu 2
- (d) kada je upadni kut manji od kritičnog kuta
- (e) kada je upadni kut jednak kutu loma

(b) je točno.

1.10 Poyntingov vektor predstavlja, odnosno pokazuje

- (a) kako se energija EM vala raspodjeljuje u prostoru
- (b) kako se snaga koju nosi EM val širi kroz neku površinu
- (c) kako se električno i magnetsko polje izgrađuju i šire u prostoru
- (d) kako snaga koju prenosi EM val ovisi o kvadratu amplitude električnog vala.
- (e) da se energija EM vala može pretvoriti u toplinsku energiju zbog prisustva omskog otpora.

(b) je točno.

1.11 U primjenama optičke prizme:

- (a) Devijacija δ je najmanja kad je kut upadne zrake $u = 45^\circ$.
- (b) Devijacija δ je najmanja kad je lomni kut $A = 30^\circ$.
- (c) Devijacija δ je najmanja za žutu D-liniju svjetlosti.
- (d) Devijacija δ je najmanja za simetrični prolaz zrake ($u_1 = u_2$).
- (e) Devijacija δ je najmanja ako vrijedi: A (lomni kut) = ℓ_1 (kut loma).

(d) je točno.

1.12 Kod sfernog zrcala

- (a) Paraksijalne zrake na zrcalo upadaju blizu njegovog tjemena.
- (b) Paraksijalne zrake na zrcalo upadaju daleko od tjemena (prema rubovima).
- (c) Slikovna i žarišna daljina se ne podudaraju za paraksijalne zrake.
- (d) Paraksijane zrake daju astigmatičnu sliku na optičkoj osi.
- (e) Žarišna daljina je pozitivna za udubljeno kao i za izbočeno zrcalo, prema dogovoru o predznacima.

(a) je točno.

1.13 U Youngovom pokusu interferencije svjetlosti na dvije pukotine tamne i svijetle pruge na zastoru nastaju zbog

- (a) različitih valnih duljina valova nastalih zbog geometrijske razlike hoda
- (b) interferencije valova bliskih frekvencija koji proizvode udare
- (c) razlike faza koja se javlja u valovima na zastoru
- (d) zbrajanja odnosno oduzimanja amplituda u izlaznim valovima
- (e) zbrajanja odnosno oduzimanja energija koje nose valovi iz pukotina.

(c) je točno.

1.14 Ako je upadni snop svjetlosti koji se širi u smjeru $+x$ -osi linearno polariziran paralelno s y -osi, polarizaciju snopa paralelnu sa z -osi (okomito na upadnu):

- (a) moguće je postići s jednim polarizatorom,
- (b) moguće je postići s najmanje dva polarizatora,
- (c) moguće je postići s najmanje tri polarizatora,
- (d) moguće je postići s najmanje četiri polarizatora,
- (e) nikada nije moguće postići.

(b) je točno.

1.15 Svjetlost obasjava metalnu ploču, ali ne izbija elektrone. Koja bi od sljedećih promjena mogla dovesti do izbacivanja elektrona iz metala?

- (a) povećanje intenziteta svjetlosti
- (b) smanjenje intenziteta svjetlosti
- (c) smanjenje valne duljine svjetlosti

(d) smanjenje frekvencije svjetlosti

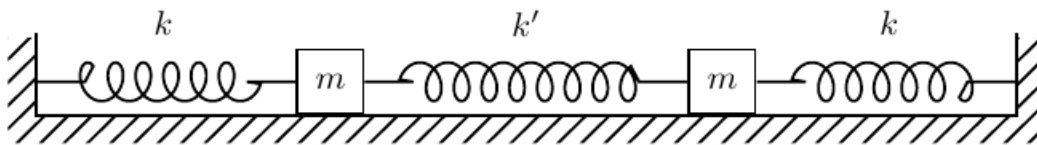
(e) zamjena ploče metalom koji ima veći izlazni rad

(c) je točno.

3. Računski zadaci

Uputa: Postupke i rješenja svakog zadatka treba napisati na posebnom papiru.

1. Kad tijela u sustavu na slici titraju u fazi, kružna frekvencija titranja iznosi $\omega_{uf} = 3\pi \text{ rad s}^{-1}$, a kad titraju u protufazi, frekvencija titranja iznosi $\omega_{pf} = 4\pi \text{ rad s}^{-1}$.



Odredite kružnu frekvenciju kojom bi titralo jedno od dvaju tijela kad bismo onom drugom tijelu onemogućili gibanje (zakočili ga).

(8 bodova)

- U zadanom sustavu možemo koristiti poznate izraze za kružne frekvencije titranja u fazi i u protufazi. Oni glase

$$\omega_{uf} = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad \omega_{pf} = \sqrt{\frac{k + 2k'}{m}},$$

a omogućuju nam da konstante opruga k i k' izrazimo kao

$$k = m\omega_{uf}^2, \quad k' = \frac{m}{2}(\omega_{pf}^2 - \omega_{uf}^2).$$

- Zakočimo li jedno od tijela, jednadžba gibanja onog drugog tijela glasi

$$m\ddot{x} = -kx - k'x.$$

Možemo je napisati u obliku

$$\ddot{x} + \frac{k + k'}{m}x = 0,$$

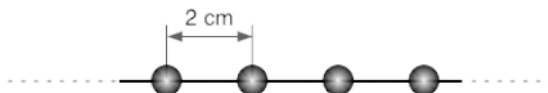
gdje prepoznamo jednadžbu gibanja jednostavnog harmoničkog oscilatora s kvadratom kružne frekvencije

$$\omega^2 = \frac{k + k'}{m}.$$

Koristeći gornje izraze za k i k' ,

$$\omega = \sqrt{\frac{\omega_{uf}^2 + \omega_{pf}^2}{2}} = \frac{5\pi}{\sqrt{2}} \text{ rad s}^{-1}.$$

2. Male mase od 0,42 g su pričvršćene na dugoj niti bez mase na udaljenostima 2,0 cm. Napetost niti je 6,2 N. Transverzalni val valne duljine 34 cm i amplitude 4,1 mm putuje uzduž niti. Kolika je maksimalna akceleracija koju ima svaka kuglica?
(7 bodova)



Rješenje:

$$\frac{m}{L} = \frac{4.2 \cdot 10^{-4} \text{ kg}}{2.0 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 2.1 \cdot 10^{-2} \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{m/L}}$$

$$v = \sqrt{\frac{6.2 \text{ N}}{2.1 \cdot 10^{-2} \text{ kg/m}}} = 17.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

$$f = \frac{17.2}{0.34} \text{ Hz} = 50.6 \text{ Hz}$$

$$a_{maks} = \omega^2 A$$

3. Kružna petlja od žice ima radijus 7,5 cm. Sinusoidalni elektromagnetski ravni val putujući zrakom dolazi do petlje, sa smjerom magnetskog polja vala okomitim na ravninu petlje. Intenzitet vala na mjestu petlje je 0,0195 W/m², a valna duljina je 6,9 m. Kolika je maksimalna elektromotorna sila (napon) inducirana u petlji?
(7 bodova)

Rješenje:

Promjena magnetskog polja u EM valu uzrokuje promjenu toka kroz petlju, što inducira elektromotornu silu u petlji.

$$\varphi_B = B \pi r^2 = \pi r^2 B_{\max} \cos(kx - \omega t)$$

Faradayev zakon:

$$|\varepsilon| = |d\varphi_B / dt|.$$

Intenzitet vala je

$$I = E_{\max} B_{\max} / 2\mu_0 = (c/2\mu_0) B_{\max}^2, \text{ pa je za zadani intenzitet}$$

$$B_{\max} = 1,278 \times 10^{-8} \text{ T te je}$$

$$f = c/\lambda = 4,348 \times 10^7 \text{ Hz}$$

$$|\varepsilon| = |d\varphi_B / dt| = \omega \pi r^2 B_{\max} \sin(kx - \omega t), \text{ pa je}$$

$$|\varepsilon|_{\max} = 2\pi f \pi r^2 B_{\max}$$

$$|\varepsilon|_{\max} = 6,17 \times 10^{-2} \text{ V} = 61,7 \text{ mV}.$$

4. Koji je najtanji sloj premaza (debljina filma) s $n_1 = 1,42$ na staklu ($n_2 = 1,52$) za koji pri refleksiji dolazi do destruktivne interferencije crvene komponente (650 nm) upadne bijele svjetlosti u zraku? Svjetlost upada

okomito.

(7 bodova)

Rješenje:

Promatramo interferenciju između zraka reflektiranih sa gornje i donje površine filma. Reflektirana zraka sa gornje površine i zraka reflektirana sa donje površine obje imaju promjenu u fazi od 180° tako da ukupno nema razlike u fazi, a

uvjet za destruktivnu interferenciju je

$$n_1 2t = (m + 1/2)\lambda$$

Najmanja debljina filma t je za $m = 0$, dakle

$$t = \lambda/4, \text{ a } \lambda = \lambda_0/1,42 = 650 \text{ nm}/1,42, \text{ pa je } t = \lambda/(4 n_1)$$

$$t = 114 \text{ nm},$$

5. Difrakcijska rešetka ima 3000 zarez po cm. Na zastoru udaljenom 2,00 m od rešetke, u spektru reda m , maksimumi od dvije bliske valne duljine 589,0 nm i 589,6 nm su udaljeni za 0,8 mm. Koji je red spektra? Budući da su kutevi mali, uzmite da vrijedi $\sin \theta \approx \tan \theta$.

(7 bodova)

Rješenje:

$$d = \frac{1 \text{ cm}}{3000} = 3.333 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$d \sin \theta_i = m \lambda_i$$

$$y_2 - y_1 = L (\tan \theta_2 - \tan \theta_1)$$

$$y_2 - y_1 = L \left(\frac{m \lambda_2}{d} - \frac{m \lambda_1}{d} \right)$$

$$\Delta y = \frac{L m}{d} (\lambda_2 - \lambda_1)$$

$$m = \frac{d \Delta y}{L (\lambda_2 - \lambda_1)}$$

$$m = \frac{3.333 \cdot 10^{-6} \cdot 0.8 \cdot 10^{-3}}{2.00 \cdot 0.6 \cdot 10^{-9}} = 2$$

6. Kada ultraljubičasto svjetlo valne duljine 400 nm padne na određenu metalnu površinu, izmjerena maksimalna kinetička energija emitiranih fotoelektrona iznosi 1,10 eV. Koja je maksimalna kinetička energija fotoelektrona kada svjetlost valne duljine 300 nm pada na istu površinu?

(6 bodova)

Rješenje:

Kinetička energija fotoelektrona je razlika između početne energije fotona i radne funkcije metala.

$$(1/2)mv_{\max}^2 = hf - \varphi, E = hc/\lambda.$$

$$\text{Izračunamo } \varphi = hc/\lambda - K_{\max} = 3,1 \text{ eV} - 2,1 \text{ eV} = 1 \text{ eV}.$$

Za 300 nm uvrštavanjem u formulu dobijemo

$$K_{\text{max}} = 4,14 \text{ eV} - 2,00 \text{ eV} = 2,14 \text{ eV}.$$