

## Rješenja zadataka dekanskog ispitnog roka iz Fizike 2 srijeda, 19. 09. 2012.

### Zadaci

1. Tri homogena štapa duljine  $l = 1$  m spojeni su tako da je dobiven štap duljine  $3l$ . Ako je omjer masa  $1 : 2 : 3$ , odredite period titranja štapa kada je obješen oko lakšeg kraja.  
(8 bodova)

### Rješenje:

Obzirom da mase pojedinih dijelova nisu jednake, centra mase štapa nije na sredini već (računajući od lakšeg kraja):

$$x_{CM} = \frac{m(l/2) + 2m(3l/2) + 3m(5l/2)}{M} = \frac{11}{6}l, \quad (7)$$

gdje je  $M = m + 2m + 3m = 6m$ .

Moment tromosti sustava jednak je zbroju momenata tromosti pojedinih dijelova (oko osi rotacije), tj.:

$$I = \left( \frac{1}{12}ml^2 + m\left(\frac{l}{2}\right)^2 \right)_1 + \left( \frac{1}{12}2ml^2 + 2m\left(\frac{3l}{2}\right)^2 \right)_2 + \left( \frac{1}{12}3ml^2 + 3m\left(\frac{5l}{2}\right)^2 \right)_3 = 24ml^2. \quad (8)$$

Traženi period titranja jednak je

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{Mgx_{CM}}} = 2\pi\sqrt{\frac{24l}{11g}} = 2,96 \text{ s}. \quad (9)$$

2. U cijevi otvorenoj na oba kraja, dužine  $l = 1$  m, nalazi se zrak na standardnim uvjetima ( $t=0^\circ\text{C}$ ). Za koliko će se povisiti frekvencija trećeg harmonika ako se temperatura zraka u cijevi povisi na  $t = 27^\circ\text{C}$ ? (Napomena: uzmite da je osnovni harmonik nulti;  $\kappa = 1.40$ ,  $M = 0.029$  kg/mol.)  
(6 bodova)

### Rješenje:

Valovi zvuka šire se kroz plin brzinom

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\kappa \frac{p}{\rho}} = \sqrt{\kappa \frac{RT}{M}}, \quad (10)$$

gdje je  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $M$  molarna masa,  $T$  apsolutna temperatura i  $\kappa$  adijabatska konstanta. Za cijev otvorenu na oba kraja, valne duljine pojedinih modova dane su izrazom:

$$\lambda_k = \frac{2l}{k+1}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (11)$$

Slijedi izraz za frekvencije pojedinih modova:

$$f_k = \frac{v}{\lambda_k} = \frac{k+1}{2l} \sqrt{\kappa \frac{RT}{M}}. \quad (12)$$

Frekvencija  $k$ -tog harmonika povist će se za:

$$\Delta f_k = \frac{k+1}{2l} \sqrt{\kappa \frac{R}{M}} (\sqrt{T_1} - \sqrt{T_0}). \quad (13)$$

Uvrstimo  $T_0 = 273.15 \text{ K}$  i  $T_1 = 300.15 \text{ K}$ , te dobijemo:

$$\Delta f_3 = 32 \text{ Hz}. \quad (14)$$

3. Tanki štap duljine 5 cm je položen uzduž osi konkavnog zrcala žarišne daljine 10 cm tako da je njegova slika realna i uvećana i jedan kraj slike dotiče štap (lijevi kraj štapa podudara se sa svojom slikom). Koliko je povećanje slike štapa u odnosu na duljinu štapa?  
(8 bodova)

**Rješenje:**

$$a_1 - a_2 = l$$

$$b_1 = a_1$$

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

$$\frac{2}{a_1} = \frac{1}{f}$$

$$a_1 = 2f$$

$$a_1 = 20 \text{ cm}$$

$$b_1 = 20 \text{ cm}$$

$$a_2 = a_1 - l$$

$$a_2 = 15 \text{ cm}$$

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

$$\frac{1}{b_2} = \frac{1}{10 \text{ cm}} - \frac{1}{15 \text{ cm}} = \frac{1}{30 \text{ cm}}$$

$$b_2 = 30 \text{ cm}$$

$$b_2 - b_1 = 10 \text{ cm}$$

$$\frac{b_2 - b_1}{a_1 - a_2} = \frac{10 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} = 2$$

4. U Youngovu pokusu, plava svjetlost valne duljine 460 nm daje maksimum drugog reda na nekom mjestu na zastoru. Koja valna duljina vidljive svjetlosti (sadrži svjetlost valnih duljina od 400 nm do 700 nm) bi dala minimum na istom mjestu na zastoru?  
(6 bodova)

**Rješenje:**

Uvjet da svjetlost valne duljine  $\lambda_1 = 460 \text{ nm}$  daje maksimum drugog reda je:

$$d \sin \theta_1 = 2 \lambda_1$$

Uvjet da za isti ogibni kut svjetlost valne duljine  $\lambda_2$  daje minimum je:

$$d \sin \theta_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda_2 \quad m=0,1,2,\dots$$

Slijedi:

$$2 \lambda_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda_2$$

$$\lambda_2 = \frac{4}{2m+1} \lambda_1$$

Za  $m=0$        $\lambda_2 = 4 \lambda_1$        $\lambda_2 = 4 \cdot 460 \text{ nm} = 1840 \text{ nm}$       Nije u vidljivom području.

Za  $m=1$        $\lambda_2 = \frac{4}{3} \lambda_1$        $\lambda_2 = \frac{4}{3} \cdot 460 \text{ nm} = 613,3 \text{ nm}$       U vidljivom području.

Za  $m=2$        $\lambda_2 = \frac{4}{5} \lambda_1$        $\lambda_2 = \frac{4}{5} \cdot 460 \text{ nm} = 368 \text{ nm}$       Nije u vidljivom području.

...

Vidi se da je:

$$\lambda_2 = 613,3 \text{ nm}$$

5. Pronađi maksimalnu kinetičku energiju elektrona emitiranih sa površine metala nastalih pri obasjavanju sa svjetlošću valne duljine od 400 nm, ako se zna da je granična valna duljina svjetlosti pri kojoj se događa fotoefekt 600 nm.  
(6 bodova)

**Rješenje:**

$$E_k = h f - W_{iz.}$$

-Kinetička energije elektrona ( $E_k$ ) jednaka je izlaznom radu ( $-W_{iz.}$ ) + energija fotona ( $h f$ ), gdje je  $h$  Planckova konstanta i  $f$  je frekvencija fotona.

-Za graničnu valnu duljinu kinetička energija elektrona je nula:

$$E_k = 0 \Rightarrow h f = W_{iz.}$$

frekvencija i valna duljina povezane su preko relacije  $c = f \lambda$  iz čega se dobije

$$W_{iz.} = 2.067 \text{ eV}$$

-Tada se može izračunati kinetička energija elektrona pri 400 nm koja iznosi:

$$E_k = h c / \lambda - 2.067$$

$$E_k = 3.01 - 2.076$$

$$E_k = 0.943 \text{ eV}$$

6. Odašiljač radio stanice ima snagu 150 kW na frekvenciji 101 MHz. Pronađite broj fotona u jedinici vremena i površine, na udaljenosti 1 km od radio stanice. (Pretpostavite da radiostanica zrači jednoliko u svim smjerovima.)  
(6 bodova)

**Rješenje:**

-Snaga je rad (energija) u jedinici vremena:

$$P = W / t$$

Zračenje radio-valova je kvantizirano (fotoni) sa energijom  $E = h f$

pa je  $P = (N h f) / t$  gdje je  $N = \text{broj fotona}$ ,

$$N / t = P / (h f)$$

$$N / t = 2.24 \cdot 10^{30} \text{ fotona/s}$$

-Zračenje se mora podijeliti u površinu sfere radijusa 1 km pa je konačno Broj fotona po jedinici vremena i površine jednak:

$$N / (t \cdot 4\pi R^2) = 1.78 \cdot 10^{23} \text{ fotona/(s} \cdot \text{m}^2)$$