

Srednje škole – 3. skupina
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (10 bodova)

U točkama u kojima je magnetsko polje jednako nuli ponište se doprinosi sva tri magnetska polja. Prema pravilu desne ruke može se odrediti smjer polja pojedine žice i vidjeti da se te točke nalaze na spojnici žica, negdje između srednje i gornje, tj. donje žice [1 bod]. Ako se udaljenost tih točki od srednje žice označi sa y , vrijedi:

$$\frac{\mu_0 I}{2\pi(d-y)} = \frac{\mu_0 I}{2\pi y} + \frac{\mu_0 I}{2\pi(d+y)} \quad [2 \text{ boda}]$$

Rješenja ove jednadžbe su:

$$y = \pm \frac{d}{\sqrt{3}} = 1 \text{ cm} \quad [1 \text{ bod}]$$

a.) Ako se srednja žica pomakne za $x=1\text{mm}$ prema gore, tad na nju djeluju dvije sile od preostale dvije žice. Te sile su suprotnog smjera jer su magnetska polja dvaju žica suprotnog smjera. Magnetska sila među bilo koje dvije žice jednaka je

$$F = BIl = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi\Delta} l \quad [1 \text{ bod}]$$

pri čemu je Δ udaljenost među žicama. U ovom slučaju su te udaljenosti jednake $d+x$ i $d-x$:

$$f = \frac{F}{l} = \frac{ma}{l} = \lambda a = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi(d+x)} - \frac{\mu_0 I^2}{2\pi(d-x)} \quad [1 \text{ bod}]$$

b.) Ako se iskoristi relacija dana u zadatku sa $n=1$, slijedi:

$$f = \lambda a = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi(d+x)} - \frac{\mu_0 I^2}{2\pi(d-x)} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi} \frac{1}{d} \left(1 - \frac{x}{d}\right) - \frac{\mu_0 I^2}{2\pi} \frac{1}{d} \left(1 + \frac{x}{d}\right) = -\frac{\mu_0 I^2}{\pi d^2} x \quad [2 \text{ boda}]$$

Dobila se jednadžba harmonijskog oscilatora sa $k = \frac{\mu_0 I^2}{\pi d^2} l$ i $m = \lambda l$. Period titranja je:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{\pi \lambda}{\mu_0} \frac{d}{I}} = 2\pi \sqrt{\frac{\pi \cdot 4/3 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7}} \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-2}}{6,28}} = 1 \text{ s} \quad [2 \text{ boda}]$$

2. zadatak (10 bodova)

Veza kružne frekvencije, mase tijela i konstante opruge dana je sa:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 1 \text{ Hz} \Rightarrow \frac{k}{m} = 1 \frac{\text{N}}{\text{kg} \cdot \text{m}} \quad [1 \text{ bod}]$$

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2009/10 – 10.3.2010.

a.) Kad se opruga razreže, promijeni joj se konstanta [**1 bod**]. Jedan od načina da se to vidi je ovaj: ako je konstanta npr. 1N/m , tad da se opruga rastegne 1m potreban je 1N . No, taj jedan metar može se gledati kao da se svaka polovica rastegla pola metra. Stoga, za svaku polovicu vrijedi da je

$$k' = \frac{F}{\Delta x} = \frac{1\text{N}}{0,5\text{m}} = 2\text{N/m}$$

Drugim riječima, ako se opruga razreže na pola, konstanta joj se udvostruči. Ako se razreže na četiri dijela, konstanta se učetverostruči. Masa novog tijela je četvrtina početne mase tijela. [**2 boda**]

Tijelo je sad vezano za zid oprugom konstante $k'=4k$ i ima masu $m'=m/4$. Nova kružna frekvencija iznosi:

$$\omega' = \sqrt{\frac{k'}{m/4}} = \sqrt{\frac{16k}{m}} = \sqrt{16} \sqrt{\frac{k}{m}} = 4\omega = 4\text{Hz} \quad [\text{2 boda}]$$

Period i frekvencija ne ovise o amplitudi. [**1 bod**]

b.) Ako se opruga razreže na N umjesto na 2 dijela, tad konstante novonastalih opruga iznose $k'=Nk$ [**1 bod**]. Masa novonastalog tijela iznosi $m'=m/M$. Nova frekvencija titranja tad je jednaka:

$$\omega' = \sqrt{\frac{k'}{m'}} = \sqrt{\frac{Nk}{m/M}} = \sqrt{NM} \omega \quad [\text{1 bod}]$$

Zahtjev da to iznosi $\sqrt{7}$ Hz daje $NM=7$. Kako i N i M moraju biti prirodni brojevi veći od jedan, a 7 je prost broj, ovaj zahtjev ne može biti ispunjen. [**1 bod**]

3. zadatak (10 bodova)

Kad je otpor promjenjivog otpornika jednak nuli, impedancija cijelog kruga jednaka je impedanciji zavojnice:

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} = \sqrt{40^2 + (0,1 \cdot 6,28 \cdot 50)^2} = 50,85\Omega \quad [\text{2 boda}]$$

Struja koja prolazi zavojnicom jednaka je:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220\text{V}}{50,85\Omega} = 4,33\text{A} \quad [\text{1 bod}]$$

Snaga kojom se grije zavojnica je tad:

$$P = RI^2 = 40 \cdot (4,33)^2 = 750\text{W} \quad [\text{1 bod}]$$

Ako se uključi promjenjivi otpornik, impedancija kruga iznosi:

$$Z = \sqrt{(R + R_p)^2 + (L\omega)^2} \quad [2 \text{ boda}]$$

Istim postupkom kao i ranije dobije se struja koja prolazi kroz zavojnicu i snaga kojom se zavojnica grije:

$$P = RI^2 = R \left(\frac{U}{Z} \right)^2 = R \frac{U^2}{(R + R_p)^2 + (L\omega)^2} \quad [2 \text{ boda}]$$

Sad se postavi uvjet da ta snaga bude jednaka pola prethodne, tj. 375W. Rješavanjem po R_p ispada da je:

$$R_p = \sqrt{\frac{U^2 R}{P} - (L\omega)^2} - R = \sqrt{\frac{220^2 \cdot 40}{375} - (0,1 \cdot 6,28 \cdot 50)^2} - 40 = 24,63\Omega \quad [2 \text{ boda}]$$

4. zadatak (10 bodova)

Ako je brzina zida manja od brzine zvuka, tad zvuk stiže do zida i odbija se. Prijamnik detektira dva zvuka: jedan direktno od izvora, a drugi koji se odbio od zida. [2 boda]

Prvi zvuk ima frekvenciju $f=390\text{Hz}$ [1 bod], a drugom se dese dvije stvari: prvo se frekvencija snizi zbog udaljavanja zida:

$$f' = f \frac{c - v}{c} = 390 \frac{330 - 110}{330} = 260\text{Hz} \quad [2 \text{ boda}]$$

A zatim se zvuk reflektira i prilazi detektoru. Pomak u frekvenciji tad je jednak:

$$f'' = f' \frac{c}{c + v} = 260 \frac{330}{330 + 110} = 195\text{Hz} \quad [2 \text{ boda}]$$

Razlika u frekvenciji dva detektirana zvuka iznosi $390\text{Hz} - 195\text{Hz} = 195\text{Hz}$. [1 bod]

Ako se zid udaljava brzinom većom od brzine zvuka, tad zvuk do njega ne stigne i na prijamniku se čuje samo originalni zvuk frekvencije 390Hz. [2 boda]

5. zadatak (10 bodova)

a.) masa tijela jednaka je umnošku plošne gustoće i površine tijela. Za tijela na slici treba prvo odrediti površinu. Iz skice se vidi da kut trokuta mora biti jednak 2θ [1 bod]. Površina se može dobiti npr. na slijedeći način: iz vrha se povuče okomica na bazu i trokut se podijeli na dva jednaka pravokutna trokuta oštrog kuta θ . Stranice tog trokuta jednake su L , $L\cos\theta$ i $L\sin\theta$. Površine i mase cijelog trokuta i kruga jednake su:

$$P_{\text{trokut}} = 2P_{\text{prav.trokut}} = 2 \frac{ab}{2} = ab = L \sin \theta \cdot \cos \theta = L \sin \theta \cos \theta \quad [2 \text{ boda}]$$

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2009/10 – 10.3.2010.

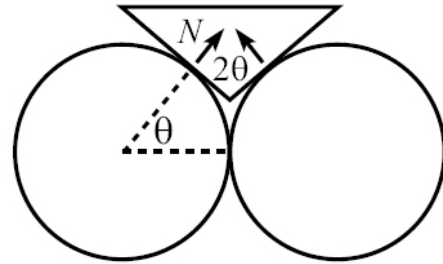
$$m_{\text{trokut}} = \sigma P_{\text{trokut}} = \sigma L \sin \theta \cos \theta$$

[1 bod]

$$m_{\text{krug}} = \sigma R^2 \pi$$

[1 bod]

b.) Iznos sile F mora biti jednak iznosu horizontalne komponente sile N , tj. $N \cos \theta$ sa slike [1 bod]. Ako sustav miruje, vertikalne komponente sile N , tj. $2N \sin \theta$ izjednačena je sa masom trokuta [1 bod].



To daje:

$$2N \sin \theta = \sigma L \sin \theta \cos \theta \cdot g \Rightarrow N = \frac{\sigma L g \cos \theta}{2}$$

[1 bod]

Sila F tad je jednaka

$$F = N \cos \theta = \frac{\sigma L g \cos^2 \theta}{2}$$

[1 bod]

c.) Kad je $\theta=0$, sila iznosi $F = \frac{\sigma L g}{2}$.

[1 bod]