

**Rješenja međuispita iz Fizike 2 R**  
**ponedjeljak, 30. 11. 2015.**

**Teorijska pitanja**

**1.1** U sustavu mase na oprugi, masu zamijenimo dvostruko većom, te pobudimo na titranje amplitudom istom kao i prije zamjene. Ukupna energija u tom sustavu je sada (zaokružite točnu tvrdnju):

**(1 bod)**

- a) Ista kao i prije.
- b) Dvostruko veća nego prije.
- c) Četiri puta veća nego prije.
- d) Dvostruko manja nego prije.
- e) Četiri puta manja nego prije.

**Rješenje:** a)

**1.2** Za prigušeno titranje uz slabo prigušenje vrijede sljedeće tvrdnje (zaokružite dvije točne tvrdnje):

**(1 bod)**

- a) Frekvencija prigušenog titranja se eksponencijalno smanjuje, sve dok ne padne na nulu.
- b) Energija titranja se smanjuje odnosno opada s kvadratom koeficijenta prigušenja.
- c) Amplituda titranja eksponencijalno opada s vremenom.
- d) Period prigušenog titranja  $T$  veći je od perioda slobodnog oscilatora  $T_0$ .
- e) Točno rješenje problema prigušenog titranja moguće je samo uz aproksimaciju malih amplituda.

**Rješenje:** c), d)

**1.3** Ako se opruga koja povezuje štapove Oberbeckovog njihala zamijeni oprugom koja ima dva puta veću konstantu elastičnosti frekvencija titranja u fazi će (zaokružite točnu tvrdnju):

**(1 bod)**

- a) se povećati 2 puta.
- b) se povećati  $\sqrt{2}$  puta.
- c) se smanjiti 2 puta.
- d) se povećati 4 puta.
- e) ostati ista.

**Rješenje:** e)

**1.4** Na strop je obješeno masivno dugo uže, a na njegov donji kraj je obješen uteg mase usporedive s masom užeta. Ako niz to uže pošaljemo puls (npr. napravimo brzi transverzalni pomak gornjeg kraja užeta), puls se giba (zaokružite točnu tvrdnju):

**(1 bod)**

- a) istom brzinom po cijelom užetu.
- b) brže pri dnu užeta nego blizu stropa.
- c) brže blizu stropa nego pri dnu užeta.

**Rješenje:** c)

1.5 Zaokružite jednu istinitu tvrdnju:

(1 bod)

- a) U stalnom i homogenom magnetskom polju putanja nabijene čestice može biti kružnica.
- b) U stalnom i homogenom magnetskom polju putanja nabijene čestice može biti parabola.
- c) U stalnom i homogenom električnom polju putanja nabijene čestice može biti kružnica.
- d) U električnom polju točkastog naboja putanja nabijene čestice je isključivo kružnica.
- d) U magnetskom polju beskonačnog ravnog vodiča kojim teče stalna struja putanja nabijene čestice mora biti pravac.

Rješenje: a)

1.6 U zatvorenom vodiču (petlji) koji se giba brzinom  $v$  kroz homogeno magnetsko polje  $B$ , teče inducirana struja koju stvara (zaokružite točnu tvrdnju):

(1 bod)

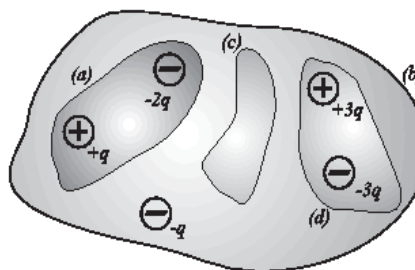
- a) kulonska sila.
- b) Newtonova gravitacijska sila.
- c) Magnetska komponenta Lorentzove sile.
- d) nuklearna sila.
- e) niti jedna od navedenih sila.

Rješenje: c)

1.7 Na slici su prikazana 4 područja a, b, c i d. Tokovi električnog polja kroz navedena područja su:  $\Phi_a$ ,  $\Phi_b$ ,  $\Phi_c$  i  $\Phi_d$ . Zaokružite točnu tvrdnju:

(1 bod)

- a)  $\Phi_a = \Phi_b$ .
- b)  $\Phi_d = \Phi_c$ .
- c)  $\Phi_a = \Phi_c$ .
- d)  $\Phi_b = \Phi_d$ .
- e)  $\Phi_b = \Phi_c$ .



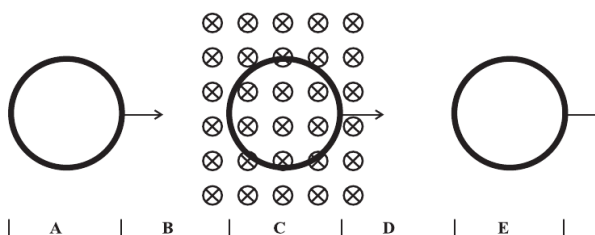
Slika uz zad. 1.7

Rješenje: b)

1.8 Vodljivi prsten se giba s lijeva nadesno. Homogeno magnetsko polje pokazuje “u papir”. U kojim područjima će doći do induciranja struje u prstenu? (Zaokružite točnu tvrdnju:)

(1 bod)

- a) Područjima A i E.
- b) Području C.
- c) Područjima B i D.
- d) Područjima B, C i D.



Rješenje: c)

Slika uz zad. 1.8

2.1 Napišite jednadžbu gibanja oscilatora prigušenog silom razmjernom brzini te izvedite njeno rješenje za slučaj slabog prigušenja.

(4 boda)

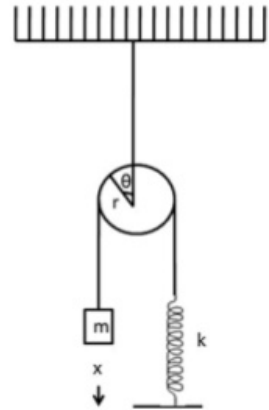
2.2 Krenuvši od Maxwellovih jednadžbi u vakuumu (u diferencijalnom obliku) izvedite valnu jednadžbu za  $\vec{E}$ .

(4 boda)

### Zadaci

1. Sustav titra malim amplitudama oko ravnotežnog položaja. Masa tijela obješenog na nit je  $m=0,2$  kg, a masa koloture je  $M=0,3$  kg. Konstanta opruge je  $k=30$  Nm<sup>-1</sup>. Masa niti i opruge je zanemariva, nit se ne skliže po koloturi, u osovini koloture nema trenja. Izračunajte period titranja sustava. (Moment tromosti koloture je  $Mr^2/2$ .)

(6 bodova)



### **Rješenje:**

Za mali pomak iz ravnotežnog položaja:

$$(T - k \Delta l) r = I \ddot{\theta}$$

$$mg - T = ma$$

Za ravnotežni položaj:

$$mg = k \Delta l_0$$

$$\Delta l = \Delta l_0 + x$$

$$[T - k(\Delta l_0 + x)] r = I \ddot{\theta}$$

$$(mg - ma - k \Delta l_0 - kx) r = I \ddot{\theta}$$

$$(-ma - kx) r = I \ddot{\theta}$$

$$x = r \theta$$

$$a = r \ddot{\theta}$$

$$(-mr\ddot{\theta} - kr\theta) r = I \ddot{\theta}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{k r^2}{I + m r^2} \theta = 0$$

$$\omega_0^2 = \frac{k r^2}{I + m r^2}$$

$$I = \frac{M r^2}{2}$$

$$\omega_0^2 = \frac{k r^2}{\frac{M r^2}{2} + m r^2} = \frac{k}{m + \frac{M}{2}}$$

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

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{0,2 + \frac{0,3}{2}}{30}} \text{ s} = 0,679 \text{ s}$$

2. Matematičko njihalo duljine  $l = 1\text{ m}$  obješeno je na stropu dizala. Dizalu je potrebno  $6\text{ s}$  da se podigne za  $100\text{ m}$ , pri čemu se uzdiže jednoliko ubrzano. Izračunajte koliki je period njihala kad se dizalo uzdiže prema vrhu. Koliki bi bio period njihala kad bi dizalo slobodno padalo?  
(6 bodova)

**Rješenje:**

a) Najprije treba izračunati akceleraciju lifta:

$$s = \frac{at^2}{2} \implies a = \frac{2s}{t^2} = 5,56 \text{ m/s}^2 \quad (1)$$

sada treba napisati sile koje djeluju u sistemu:

$$ml\ddot{\theta} + ma \sin \theta = -mg \sin \theta, \quad (2)$$

aproksimiramo  $\sin \theta \sim \theta$  s za male kutove, te dobivamo jednadžbu gibanja:

$$\ddot{\theta} + \frac{a+g}{l}\theta = 0. \quad (3)$$

prepoznamo:

$$\omega^2 = \frac{a+g}{l}, \quad (4)$$

sljedeći period:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \implies T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{a+g}} = 1,60 \text{ s} \quad (5)$$

b) Na sustav koji slobodno pada ne djeluju sile, stoga njihalo stoji na mjestu i postaje inercijalni sustav pa je period njihanja  $T = \infty$ .

3. Odredi na koji način će se promijeniti (hoće li se smanjiti ili će se povećati?) i koliko puta će se promijeniti frekvencija osnovnog moda titranja napete žice ako se njenu duljinu skрати za 35% , a napetost se poveća za 70% .  
(6 bodova)

**Rješenje:**

Za osnovni mod titranja žice:

$$\lambda = 2 L$$

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

$$f_0 = \frac{1}{2 L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2 L} \sqrt{\frac{T}{m/L}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{T}{m L}}$$

$$\frac{f_{02}}{f_{01}} = \sqrt{\frac{T_2 L_1}{T_1 L_2}}$$

$$\frac{f_{02}}{f_{01}} = \sqrt{\frac{1,7}{0,65}} = 1,6$$

(Napomena: priznaje se i rješenje  $f_{02}/f_{01} = 2$  koje se dobiva iz uvjeta da je  $\mu$  konstantno.)

4. Električno polje ravnog elektromagnetskog vala u vakuumu opisano je izrazima:

$$E_x = 0, \quad E_y = 0, \quad E_z = 0.3 \frac{V}{m} \sin(2\pi \cdot 10^{14} s^{-1} t - kx).$$

Pronađite izraz za magnetsku komponentu tog polja, smjer širenja elektromagnetskog vala, frekvenciju vala, iznos valnog vektora te valnu duljinu. Je li taj elektromagnetski val vidljiv prosječnom ljudskom oku ako ono vidi svjetlost u rasponu valnih duljina od 390 nm do 750 nm?

**(6 bodova)**

**Rješenje:**

Iz jednadžbe titranja električne komponente elektromagnetskog vala se može iščitati da je smjer propagacije  $+x$  os.

Frekvencija vala se isto može iščitati:

$$\omega = 2\pi \cdot 10^{14} s^{-1} \implies \nu = 10^{14} Hz. \quad (21)$$

Valni vektor  $k$ :

$$k = \frac{\omega}{c} = 2.09 \cdot 10^6 m^{-1}, \quad (22)$$

Valna duljina je:

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = 3 \cdot 10^{-6} m = 3\mu m. \quad (23)$$

Jedina neiščezavajuća komponenta magnetskog polja mora biti  $B_y$  koja je okomita na električnu komponentu i na smjer širenja vala. Amplituda električnog polja je:

$$E_0 = 0.3 \frac{V}{m}, \quad (24)$$

Veza amplituda električne i magnetske komponente je:

$$E_0 = cB_0 \implies B_0 = \frac{E_0}{c} = 10^{-9} T. \quad (25)$$

Konačno:

$$B_y = -10^{-9} T \sin(2\pi \cdot 10^{14} s^{-1} t - 2.09 \cdot 10^6 m^{-1} x). \quad (26)$$

Valna duljina od  $3\mu m$  nije vidljiva ljudskom oku.