

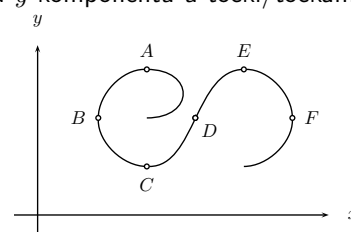
# Ispit iz Fizike (1. rujna 2020.)

## 1. Pitanja višestrukog izbora

**Upute:** Na pitanja odgovarati zacrnjivanjem kružića na priloženom Obrascu za odgovore. Svaki zadatak nosi jedan bod. **Netočni** odgovori nose **-0.25 bodova**, a neodgovorena pitanja nose nula bodova.

- 1.1 Čestica se giba brzinom stalnog iznosa duž krivulje prikazane na slici, prolazeći redom kroz točke  $A, \dots, F$ . Sila koja osigurava takvo gibanje ima iščezavajuću  $x$ -komponentu i negativnu  $y$ -komponentu u točki/točkama

- (a)  $A$  i  $E$  **točno**
- (b)  $B$
- (c)  $C$
- (d)  $D$
- (e)  $F$



- 1.2 Usporimo li automobil sa  $120 \text{ km h}^{-1}$  na  $60 \text{ km h}^{-1}$  kočenjem, toplina razvijena u kočnicama (promjena mehaničke energije) bit će

- (a) manja nego kad
- (b) ista kao kad
- (c) približno dva puta veća nego kad
- (d) približno tri puta veća nego kad **točno**
- (e) približno četiri puta veća nego kad

isti automobil kočenjem usporimo sa  $60 \text{ km h}^{-1}$  do mirovanja. (Smatramo da je cesta vodoravna i da je sila kočenja jedina sila odgovorna za gibanje automobila).

- 1.3 Dvije kuglice masa  $m_1$  i  $m_2 = 2m_1$  ispuštene su s visine  $h$  (početna brzina je  $0 \text{ m/s}$ ). Otpor zraka može se zanemariti. Usporedite kinetičke energije kuglica u trenutku prije nego što dotaknu podlogu.

- (a)  $K_2 = K_1/2$
- (b)  $K_2 = K_1$
- (c)  $K_2 = 2K_1$  **točno**
- (d)  $K_2 = 4K_1$
- (e)  $K_2 = 8K_1$

- 1.4 Tijelo se giba iz jedne točke prostora u drugu. Nakon što stigne na konačni položaj iznos pomaka tijela:

- (a) je ili veći ili jednak duljini prevaljenog puta.
- (b) je uvijek jednak duljini prevaljenog puta.
- (c) je ili manji ili jednak duljini prevaljenog puta. **točno**
- (d) je uvijek različit od duljine prevaljenog puta.
- (e) nije povezan s duljinom prevaljenog puta.

1.5 Ako bacimo lopticu prema gore s nekom početnom brzinom, ona će dosegnuti maksimalnu visinu u vremenu  $t$  (vrijeme koje je proteklo od trenutka bacanja loptice). Ako bacimo lopticu prema gore i pri tom udvostručimo početnu brzinu, koliko je potrebno da bi loptica dosegla (novu) maksimalnu visinu? Otpor zraka zanemarujemo.

- (a)  $t/2$
- (b)  $t/\sqrt{2}$
- (c)  $t$
- (d)  $t\sqrt{2}$
- (e)  $2t$  **točno**

1.6 Padobranac nakon skoka, a prije otvaranja padobrana pada u smjeru negativne  $y$ -osi. U početnom dijelu brzina mu raste od 16 m/s do 28 m/s u 1,5 s. Predznaci  $y$ -komponente brzine i  $y$ -komponente akceleracije su:

- (a)  $v_y > 0, a_y > 0$
- (b)  $v_y > 0, a_y < 0$
- (c)  $v_y < 0, a_y > 0$
- (d)  $v_y < 0, a_y < 0$  **točno**
- (e) Nije moguće odrediti.

1.7 Dva čovjeka povlače užu svaki na svom kraju silom 500 N. Kolika je napetost užeta?

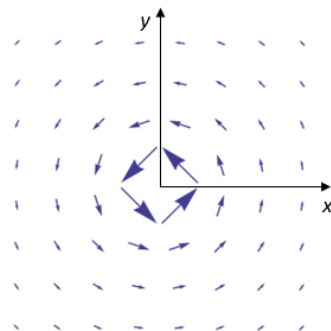
- (a) 1000 N
- (b) 500 N **točno**
- (c) 250 N
- (d) 0 N
- (e) Ovisno o promjeru užeta.

1.8 Čestica mase  $m$  giba se duž  $x$ -osi i ima potencijalnu energiju  $V(x) = a + bx^2$ , gdje su  $a$  i  $b$  pozitivne konstante. Iznos početne brzine čestice u  $x = 0$  jednak je  $v_0$ . Čestica će vršiti jednostavno harmonijsko gibanje s frekvencijom koja je određena

- (a) samo s vrijednošću konstante  $b$
- (b) samo s vrijednostima konstanti  $a$  i  $b$
- (c) samo s vrijednostima konstanti  $b$  i  $m$  **točno**
- (d) samo s vrijednostima konstanti  $b, a$  i  $m$
- (e) s vrijednostima  $b, a, m$  i  $v_0$

1.9 Na slici je prikazano magnetsko polje  $\vec{B}$ . Što vrijedi u ishodištu koordinatnog sustava? (Strelice označavaju iznos i smjer polja na svojoj srednjoj točki.)

- (a)  $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0, \vec{\nabla} \times \vec{B} = 0$
- (b)  $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0, \vec{\nabla} \times \vec{B} \neq 0$  **točno**
- (c)  $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} \neq 0, \vec{\nabla} \times \vec{B} = 0$
- (d)  $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} \neq 0, \vec{\nabla} \times \vec{B} \neq 0$
- (e) Ne može se ništa zaključiti o  $\vec{\nabla} \cdot \vec{B}$  i  $\vec{\nabla} \times \vec{B}$ .



- 1.10 U najjednostavnijem modelu permanentnog magneta uzimamo da je jakost magnetskog polja u točkama na njegovoj osi razmjerna
- (a) inverznoj trećoj potenciji udaljenosti od magneta. **točno**
  - (b) inverznom kvadratu udaljenosti od magneta.
  - (c) inverznoj (prvoj potenciji) udaljenosti od magneta.
  - (d) konstanti (ne ovisi o udaljenosti od magneta).
  - (e) kvadratu udaljenosti (povećava se s udaljenošću).
- 1.11 Negativni naboj se giba u blizini duge ravne žice kojom teče struja. Na naboj djeluje sila u smjeru paralelnom smjeru struje, ukoliko se gibanje naboja odvija
- (a) prema žici **točno**
  - (b) od žice
  - (c) u istom smjeru kao i smjer struje
  - (d) u suprotnom smjeru od smjera struje
  - (e) po kružnici kroz čiji centar prolazi žica
- 1.12 Nabijena čestica je iz mirovanja puštena u područje u kojem djeluje konstantno električno polje i konstantno magnetsko polje. Ako su ova dva polja međusobno paralelna, putanja čestice je
- (a) kružnica
  - (b) parabola
  - (c) oblika zavojnice
  - (d) elipsa
  - (e) ravna linija **točno**
- 1.13 U vrhovima istostraničnog trokuta stranice  $a = 20 \text{ cm}$  nalaze se točkasti naboji, čije su količine naboja:  $q_1 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ ,  $q_2 = -3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ ,  $q_3 = -10^{-5} \text{ C}$ . Koliki je iznos ukupne sile koja djeluje na naboj  $q_3$ ?
- (a) 44,9 N
  - (b) 67,4 N
  - (c) 59,4 N **točno**
  - (d) 81,0 N
  - (e) 112,3 N
- 1.14 Električno polje ravnog linearno polariziranog elektromagnetskog vala dano je izrazom  $\vec{E} = \hat{j} E_0 \cos(kx + \omega t)$ . U kojem se smjeru širi val?
- (a) U pozitivnom smjeru  $x$ -osi.
  - (b) U negativnom smjeru  $x$ -osi. **točno**
  - (c) U pozitivnom smjeru  $y$ -osi.
  - (d) U negativnom smjeru  $z$ -osi.
  - (e) U pozitivnom smjeru  $z$ -osi.

1.15 Nepolarizirana svjetlost pada na dva idealna polarizatora postavljena u seriji, jedan iza drugog. Polarizatori su orijentirani na način da se svjetlost ne pojavljuje nakon drugog polarizatora. Treći polarizator postavimo između ova dva polarizatora, pod nekim kutom između  $0$  i  $180^\circ$ . Maksimalni udio početnog intenziteta svjetlosti koji može proći kroz ovakav sustav tri polarizatora iznosi

- (a) 0
- (b)  $1/8$       **točno**
- (c)  $1/2$
- (d)  $1/\sqrt{2}$
- (e) 1

## 2. Pitanja iz teorije

**Uputa:** Odgovore na pitanja treba napisati na posebnom papiru te popratiti **detaljnim komentarima i crtežima**.

- 2.1 Skicirajte kružnu putanju čestice, označite vektore položaja i brzine u trenutku  $t$  i u kasnijem trenutku  $t + \Delta t$ . Označite kut koji je za to vrijeme "prebrisao" vektor položaja. Pomoću tih veličina izvedite vezu između brzine i kutne brzine čestice. Napišite taj izraz u vektorskom obliku. Deriviranjem izraza za brzinu nađite tangencijalnu i centripetalnu akceleraciju. [7 bodova]
- 2.2 Napišite izraz za relativističku količinu gibanja i relativističku energiju. Primijenite teorem o radu i kinetičkoj energiji i izvedite izraz za relativističku kinetičku energiju. [8 bodova]

## 3. Računski zadaci

**Uputa:** Postupke i rješenja treba napisati na posebnim papirima. Svaki zadatak nosi 10 bodova.

- 3.1 Drveni blok mase 2.6 kg miruje na podlozi. Koeficijent trenja bloka s podlogom je  $\mu = 0.23$ . Na blok nalijeće metak mase 15 g koji se pri sudaru zabije u drveni blok. Pronađite ulaznu brzinu metka ako znate da se drveni blok nakon pogotka odskliže  $d = 4.1$  m.

### Rješenje

$m_1 = 2.6$ kg	- masa drvenog bloka
$m_2 = 15$ g = 0.015 kg	- masa metka
$\mu = 0.23$	- koeficijent trenja s podlogom
$d = 4.1$ m	- put klizanja bloka nakon sudara
$v_1$	- brzina bloka i metka nakon sudara
$v_1' = 0$	- blok u mirovanju
$v_0 = ?$	- početna brzina metka

Iz zakona očuvanja količine gibanja:

$$m_1 v_1' + m_2 v_0 = (m_1 + m_2) v_1 \quad 0 + m_2 v_0 = (m_1 + m_2) v_1 \quad v_1 = \frac{m_2 v_0}{(m_1 + m_2)}$$

Nakon sudara kinetička energija bloka i metka potrošit će se na obavljanje rada zbog sile trenja.

Iz zakona očuvanja energije, vrijedi:

$$E_{kin} = W_{tr}$$

$$W_{tr} = F_{tr} d = F_N \mu d = (m_1 + m_2) g \mu d$$

$$\frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_1^2 = (m_1 + m_2) g \mu d$$

$$v_1^2 = 2 g \mu d$$

Iz izraza za  $v_1$  slijedi  $v_0$ :

$$v_0 = \sqrt{2 g \mu d} \frac{(m_1 + m_2)}{m_2}$$

$$v_0 = 749.87 \text{ m/s}$$

- 3.2 Amplituda harmonijskog titranja materijalne točke je 4 cm, a maksimalna kinetička energija je  $6 \cdot 10^{-7}$  J. Na kojoj će udaljenosti od ravnotežnog položaja na materijalnu točku djelovati sila od  $1.5 \cdot 10^{-5}$  N?

### Rješenje

Kinetička energija harmoničkog oscilatora je:

$$T = \frac{k}{2}(A^2 - x^2) \quad (1)$$

Maksimalna kinetička energija harmonijskog titranja je za  $x = 0$ :

$$E = \frac{kA^2}{2} \quad (2)$$

iz toga slijedi da je konstanta proporcionalnosti:

$$k = \frac{2E}{A^2} = 7.5 \times 10^{-4} \text{ J/m}^2 \quad (3)$$

Na osnovu ovog određujemo položaj u kojem djeluje zadana sila:

$$F = kx \quad (4)$$

$$x = F/k = 2 \text{ cm} \quad (5)$$

- 3.3 Violinska žica duljine 31.8 cm ima masu 0.23 g. Ako je ugodimo na osnovnu frekvenciju od 440 Hz, kolika je sila napetosti?

**Rješenje:**

Brzina vala na žici dana je izrazom:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (6)$$

gdje je  $F$  sila napetosti, a  $\mu$  linijska gustoća žice.

S druge strane brzina je jednaka umnošku frekvencije i valne duljine:

$$v = \lambda \cdot f \quad (7)$$

Tako se frekvencija može izraziti kao:

$$f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (8)$$

Ako se uzme u obzir da je linijska gustoća jednaka  $\mu = m/l$ , a  $\lambda = 2l$  za osnovnu frekvenciju, gdje je  $l$  duljina žice, za napetost žice se dobiva:

$$F = \mu \cdot (\lambda \cdot f)^2 = 4 \cdot m \cdot l \cdot f^2 \approx 56.64 \text{ N} \quad (9)$$

- 3.4 Središte homogeno nabijene kugle naboja  $Q = 50 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  i polumjera  $r = 2 \text{ m}$  nalazi se u  $xy$  ravnini na položaju  $\vec{r}_0 = (2\hat{x} + 3\hat{y}) \text{ m}$ . Izračunajte vektor električnog polja na položaju  $\vec{r} = (8\hat{x} - 5\hat{y}) \text{ m}$ .

**Rješenje:**

Udaljenost između tražene točke i središta kugle je:

$$d = |\vec{r} - \vec{r}_0| = |6\hat{x} - 8\hat{y}| = \sqrt{36 + 64} = 10 \text{ m}, \quad (10)$$

što je veće od polumjera kugle te zaključujemo da se točka nalazi izvan kugle, tada je po Gaussovom zakonu električno polje:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{d^3} (\vec{r} - \vec{r}_0), \quad (11)$$

konačno:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{d^3} (6\hat{x} - 8\hat{y}) = (2.7\hat{x} - 3.6\hat{y}) \cdot 10^3 \text{ V/m}. \quad (12)$$

- 3.5 Na raspolaganju vam je uređaj koji proizvodi elektromagnetske valove kad mu zadate parametre iz jednadžbi za električno i magnetsko polje elektromagnetskog vala. Kad ste došli do uređaja, u njega je već bio unesen parameter kružne frekvencije:  $5.9 \cdot 10^{15} \text{ rad s}^{-1}$ ; te smjer vala: val putuje u smjeru negativne  $x$ -osi. Da bi uređaj imao dovoljno parametara za stvaranje vala u njega morate unijeti još vektor električnog polja (iznos i smjer) u trenutku  $t = 0$  i na istom položaju  $x = 0$ . Ne znate tu vrijednost, ali znate da magnetsko polje vala postiže maksimum od  $0.333 \mu\text{T } \vec{j}$  u tom istom trenutku  $t = 0$  i na istom položaju  $x = 0$ . Koju vrijednost za električno polje morate unijeti u uređaj (iznos i smjer)? Nakon što ste unijeli parametre, želite provjeriti radi li uređaj ispravno. Međutim, možete izmjeriti električno polje samo u trenutku  $t_1 = 1.065 \cdot 10^{-15} \text{ s}$  na položaju  $x_1 = 1.594 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ . Koju vrijednost izmjerenog električnog polja (iznos i smjer) očekujete ako uređaj ispravno radi?

### Rješenje:

Smjer električnog polja mora biti okomit i na magnetsko polje i na smjer gibanja vala, što znači da je električno polje usmjereno duž  $z$ -osi. Jednadžbe za električno i magnetsko polje elektromagnetskog vala su

$$\vec{E}(x, t) = E_0 \sin(\omega t + kx + \phi) \vec{k} \quad (13)$$

$$\vec{B}(x, t) = B_0 \sin(\omega t + kx + \phi) \vec{j}, \quad (14)$$

Zbog uvjeta da je za  $t = 0$ ,  $x = 0$ , amplituda maksimalna, zaključujemo da je  $\phi = \frac{\pi}{2}$ , odnosno jednadžbe kompaktnije pišemo s kosinusom:

$$\vec{E}(x, t) = E_0 \cos(\omega t + kx) \vec{k} \quad (15)$$

$$\vec{B}(x, t) = B_0 \cos(\omega t + kx) \vec{j}, \quad (16)$$

Računamo:  $E_0 = B_0 \cdot c = 100 \text{ V/m}$ . Dakle u uređaj treba upisati  $100 \text{ V/m}$  u smjeru  $\vec{k}$ .

Za provjeru radi li uređaj, prvo izračunamo valni vektor  $k = 2\pi/\lambda = \omega/c = 1.97 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ , te uvrstimo  $t_1$  i  $x_1$  u jednadžbu za električno polje:

$$\vec{E}(x_1, t_1) \approx E_0 \cos(2\pi + \pi) \vec{k} = -E_0 \vec{k} \quad (17)$$

Dakle, ako uređaj ispravno radi očekujemo da vrijednost u  $(t_1, x_1)$  bude  $100 \text{ V}$ , ali u smjeru negativne  $z$ -osi.