

Ispit iz Fizike (15. 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 Duž putanje vertikalnog hica mijenja se:

- (a) sila koja djeluje na tijelo
- (b) komponenta brzine u smjeru paralelnom s površinom zemlje
- (c) potencijalna energija **točno**
- (d) akceleracija
- (e) iznos akceleracije

1.2 Dva broda gibaju se po međusobno okomitim pravcima stalnim brzinama iznosa v . Kolika je relativna brzina brodova?

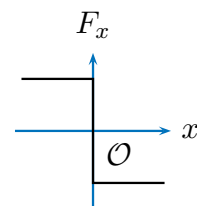
- (a) $2v$
- (b) v
- (c) $\sqrt{2}v$ **točno**
- (d) $v/2$
- (e) 0

1.3 Tijelo guramo stalnom brzinom uz kosinu. Tijekom guranja:

- (a) povećava se samo kinetička energija tijela.
- (b) povećava se samo potencijalna energija tijela. **točno**
- (c) povećavaju se i potencijalna i kinetička energija tijela.
- (d) smanjuje se samo kinetička energija tijela.
- (e) potencijalna i kinetička tijela ostaju nepromijenjene.

1.4 Graf prikazuje ovisnost x -komponente sile o x -koordinati položaja čestice na koju ta sila djeluje (čestica se giba duž x -osi). Ako je $a > 0$ konstanta, potencijalnu energiju čestice mogli bismo opisati izrazom

- (a) $U[x] = ax$.
- (b) $U[x] = -ax$.
- (c) $U[x] = a|x|$. **točno**
- (d) $U[x] = -a|x|$.
- (e) $U[x] = ax^2$.



- 1.5 Kako bi se automobil gibao vodoravnom cestom brzinom stalnog iznosa v , njegov motor mora djelovati snagom P . Pretpostavimo li da su sile otpora koja djeluje na taj automobil razmjerne kvadratu brzine, gibanje tog automobila brzinom iznosa $v' = 2v$ zahtijeva snagu motora
- (a) $P' = P$ (nema promjene)
 - (b) $P' = \sqrt{2}P$
 - (c) $P' = 2P$
 - (d) $P' = 4P$
 - (e) $P' = 8P$ **točno**
- 1.6 Čestica mase m harmonijski titra s periodom T_0 . Sila F , proporcionalna brzini čestice $F = -bv$, počinje djelovati na česticu. Ako čestica nastavlja oscilirati, period titranja pod djelovanjem sile je
- (a) veći od T_0 **točno**
 - (b) manji od T_0
 - (c) neovisan od b
 - (d) linearno ovisi o b
 - (e) u neprestanoj promjeni
- 1.7 Zvučni valovi koji se šire kroz zrak su:
- (a) transversalni progresivni (putujući) valovi
 - (b) transversalni stojni valovi
 - (c) longitudinalni progresivni (putujući) valovi **točno**
 - (d) longitudinalni stojni valovi
 - (e) kombinacija longitudinalnih i transversalnih valova
- 1.8 Zvučnik je postavljen na dnu bazena i proizvodi zvuk valne duljine λ i frekvencije f u vodi. Brzina zvuka u vodi je 1450 m/s, a u zraku 345 m/s. Usporedite valnu duljinu λ' i frekvenciju f' zvuka u zraku s vrijednostima valne duljine i frekvencije u vodi.
- (a) $\lambda < \lambda'$ i $f < f'$
 - (b) $\lambda < \lambda'$ i $f = f'$
 - (c) $\lambda = \lambda'$ i $f = f'$
 - (d) $\lambda > \lambda'$ i $f = f'$ **točno**
 - (e) $\lambda > \lambda'$ i $f > f'$
- 1.9 Ako za neku česticu vrijedi $E = pc$, gdje je E njena relativistička energija, p je iznos njene količine gibanja, a c je brzina svjetlosti,
- (a) brzina čestice jednaka je nuli.
 - (b) brzina čestice veća je od nule, a manja je od brzine svjetlosti.
 - (c) kinetička energija čestice je beskonačna.
 - (d) kinetička energija čestice jednaka je umnošku njene mase m i kvadrata brzine svjetlosti.
 - (e) masa čestice jednaka je nuli. **točno**

1.10 Što od navedenog *ne* možemo izvesti iz Maxwellovih jednadžbi?

- (a) Izraz za električno polje točkastog naboja
- (b) Faradayev zakon elektromagnetske indukcije
- (c) Izraz za Lorentzovu silu **točno**
- (d) Gaussov zakon za električno polje
- (e) Gaussov zakon za magnetsko polje

1.11 Dvije identične vodljive kugle, A i B, nose jednak naboj. Početno se nalaze na udaljenosti puno većoj od svojih promjera, i sila između njih iznosi F . Treća identična vodljiva kugla C je nenabijena. S kuglom C prvo dotaknemo kuglu A, nakon toga kuglu B, i na kraju uklonimo kuglu C. Sila između kugli A i B je sada

- (a) 0
- (b) $F/16$
- (c) $F/4$
- (d) $3F/8$ **točno**
- (e) $F/2$

1.12 Na istoj ekvipotencijalnoj plohi se nalaze dvije točke A i B. Tvrdnje su sljedeće:

1. Jakost električnog polja u točkama A i B je jednaka.
2. Gustoća naboja u točkama A i B je jednaka.
3. Rad za pomicanje točkastog naboja iz točke A u točku B jednak je nuli.

Koje tvrdnje su ispravne u svim mogućim slučajevima?

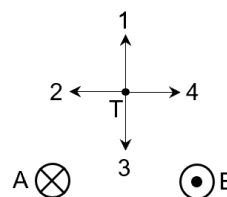
- (a) 1., 2., 3.
- (b) Samo 1., 2.
- (c) Samo 2., 3.
- (d) Samo 1.
- (e) Samo 3. **točno**

1.13 Koje od vektorskih polja može opisivati magnetsko polje?

- (a) $x\vec{i} - y\vec{j} - z\vec{k}$
- (b) $x^2y\vec{i} - y^2x\vec{j} + xy\vec{k}$ **točno**
- (c) $yx\vec{i} - xy\vec{j}$
- (d) $x\vec{i} + y\vec{j}$
- (e) $yx\vec{i} + xy\vec{j} - 2z\vec{k}$

1.14 Kroz vodiče A i B prolaze struje jakosti I u smjerovima prikazanim na slici. U kojem smjeru gleda magnetsko polje u točki T?

- (a) U smjeru 1.
- (b) U smjeru 2.
- (c) U smjeru 3. **točno**
- (d) U smjeru 4.
- (e) Magnetsko polje je nula.



1.15 Iznos amplitude električnog polja ravnog elektromagnetskog polja je E , a intenzitet I . Koliki je intenzitet ako se izvor podesi tako da iznos amplitude električnog polja bude $2E$?

- (a) $4I$ **točno**
- (b) $2I$
- (c) I
- (d) $I/2$
- (e) $I/4$

2. Pitanja iz teorije

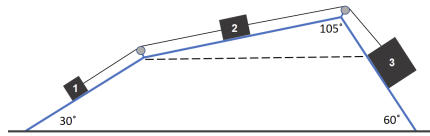
Uputa: Odgovore na pitanja treba napisati na posebnom papiru te popratiti **detaljnim komentarima i crtežima**.

- 2.1 Napišite izraz za rad koji obavi sila \vec{F} kada se pod njenim djelovanjem tijelo pomakne za vektor pomaka $d\vec{r}$. Napišite i dokažite teorem o radu i kinetičkoj energiji. [7 bodova]
- 2.2 Skicirajte dva inercijalna referentna sustava koji se jedan u odnosu na drugi gibaju brzinom \vec{v} i česticu koja se giba brzinom \vec{u} mjerenom u jednom od sustava. Izvedite Lorentzove transformacije za komponente brzine čestice. [8 bodova]

3. Računski zadaci

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

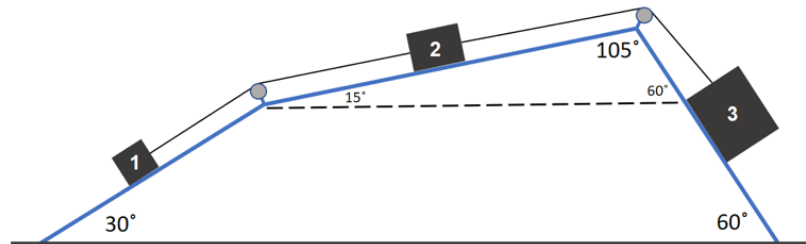
- 3.1 Sustav se sastoji od tri tijela masa $m_1 = 2 \text{ kg}$, $m_2 = 4 \text{ kg}$, i $m_3 = 6 \text{ kg}$, povezana laganom nerastezljivom niti, postavljena na podlogu kao na slici. Koeficijenti trenja s podlogom za tijela 1, 2 i 3 iznose $\mu_1 = 0.4$, $\mu_2 = 0.3$, i $\mu_3 = 0.2$. Tijela se gibaju s lijeva na desno. Izračunajte ubrzanje sustava.



Rješenje

$m_1 = 2 \text{ kg}$
 $m_2 = 4 \text{ kg}$
 $m_3 = 6 \text{ kg}$
 $\mu_1 = 0.4$
 $\mu_2 = 0.3$
 $\mu_3 = 0.2$

 $a = ?$



Pretpostavimo smjer ubrzanja sustava i postavimo jednadžbe gibanja:

$$m_1 a = -\sin 30^\circ m_1 g - \mu_1 \cos 30^\circ m_1 g + T_1$$

$$m_2 a = -\sin 15^\circ m_2 g - \mu_2 \cos 15^\circ m_2 g - T_1 + T_2$$

$$m_3 a = \sin 60^\circ m_3 g - \mu_3 \cos 60^\circ m_3 g - T_2$$

Zbrojimo jednadžbe gibanja i računamo akceleraciju:

$$a = \frac{-\sin 30^\circ m_1 g - \mu_1 \cos 30^\circ m_1 g - \sin 15^\circ m_2 g - \mu_2 \cos 15^\circ m_2 g + \sin 60^\circ m_3 g - \mu_3 \cos 60^\circ m_3 g}{(m_1 + m_2 + m_3)}$$

$$a = 0.33 \text{ m/s}^2$$

- 3.2 Posuda s utezima obješena je na opruzi i titra s periodom 0.5 s. Dodavanjem utega u posudu period titranja se promijeni na 0.6 s. Koliko se promijenila duljina opruge kada je sustav u ravnotežnom stanju?

Rješenje:

Periodi titranja opruge prije i nakon dodavanja dodatno utega:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}} \quad (1)$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m_2}{k}} \quad (2)$$

Iz prethodnog izraza možemo izraziti mase:

$$m_1 = \frac{T_1^2}{4\pi^2}k \quad (3)$$

$$m_2 = \frac{T_2^2}{4\pi^2}k \quad (4)$$

Sila koja izvuče oprugu iz ravnotežnog položaja je težina utega:

$$F_1 = m_1g = kx_1 \implies x_1 = \frac{T_1^2}{4\pi^2}g \quad (5)$$

$$F_2 = m_2g = kx_2 \implies x_2 = \frac{T_2^2}{4\pi^2}g \quad (6)$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 2.7 \times 10^{-2} \text{ m} \quad (7)$$

- 3.3 Napeta žica s učvršćenim krajevima razmaknutim 0.4 m daje osnovni ton frekvencije 300 Hz. Kolika će biti frekvencija osnovnog tona koji proizvodi ta žica ako se uporišta približe za 10 cm, pri čemu sila zatezanja ostaje ista?

Rješenje:

Brzina vala na žici dana je izrazom:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (8)$$

gdje je F sila napetosti, a μ linijska gustoća žice.

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

$$v = \lambda \cdot f \quad (9)$$

Tako se frekvencija može izraziti kao:

$$f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (10)$$

Ako se uzme da je $\lambda = 2l$ za osnovnu frekvenciju, gdje je l duljina žice, za napetost žice se dobiva:

$$F = \mu \cdot (2l \cdot f)^2 \quad (11)$$

Ako izjednače izrazi za napetost žice u prvo slučaju ($l_1 = 0.4$ m) i drugom slučaju ($l_2 = 0.3$ m) dobiva se:

$$\mu \cdot (2l_1 \cdot f_1)^2 = \mu \cdot (2l_2 \cdot f_2)^2 \quad (12)$$

$$f_2 = f_1 \frac{l_1}{l_2} = 300 \text{ Hz} \frac{0.4 \text{ m}}{0.3 \text{ m}} = 400 \text{ Hz} \quad (13)$$

- 3.4 Središte homogeno nabijene kugle gustoće $\rho = 50 \cdot 10^{-12} \text{ C/m}^3$ i polumjera $R = 20 \text{ m}$ 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:

$$d = |\vec{r} - \vec{r}_0| = |6\hat{x} - 8\hat{y}| = \sqrt{36 + 64} = 10 \text{ m}, \quad (14)$$

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

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \int \rho dV, \quad (15)$$

$$E4\pi r'^2 = \frac{1}{\varepsilon_0} \rho \frac{4}{3} r'^3 \pi, \quad (16)$$

$$\vec{E} = \frac{1}{3\varepsilon_0} \rho (\vec{r} - \vec{r}_0), \quad (17)$$

konačno:

$$\vec{E} = \frac{1}{3\varepsilon_0} \rho (6\hat{x} - 8\hat{y}) = 11.3\hat{x} - 15.07\hat{y}. \quad (18)$$

- 3.5 Ravni elektromagnetski val putuje u smjeru negativne y osi. Električno polje postiže maksimum od 0.3 V/m u ishodištu u trenutku $t = 0$, a usmjereno je duž pozitivne z osi. Kružna frekvencija vala je $5.9 \cdot 10^{15} \text{ rad s}^{-1}$. Napišite izraze za električno i magnetsko polje vala. Odredite vektor magnetskog polja u trenutku t_1 na položaju y_1 , gdje je $t_1 = 5.32 \cdot 10^{-16} \text{ s}$, a $y_1 = 1.59 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

Rješenje:

Magnetsko polje mora biti okomito i na smjer širenja vala i na električno polje, dakle mora biti u smjeru x osi. Hoće li biti u pozitivnom ili negativnom smjeru x osi određujemo iz relacije

$$\vec{B} = \hat{k} \times (\vec{E}/c) \quad (19)$$

iz čega vidimo da je magnetsko polje u ishodištu usmjereno u smjeru negativne x osi. Jednadžbe za električno i magnetsko polje elektromagnetskog vala su

$$\vec{E}(y, t) = E_0 \sin(\omega t + ky + \phi) \vec{k} \quad (20)$$

$$\vec{B}(y, t) = B_0 \sin(\omega t + ky + \phi) (-\vec{i}), \quad (21)$$

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

$$\vec{E}(y, t) = E_0 \cos(\omega t + ky) \vec{k} \quad (22)$$

$$\vec{B}(y, t) = B_0 \cos(\omega t + ky) (-\vec{i}), \quad (23)$$

Računamo: $B_0 = E_0/c = 1 \text{ nT}$.

Uvrštavanjem brojeva dobivamo rješenje zadatka: $\vec{B}(y = y_1, t = t_1) = -1 \text{ nT } \vec{i}$