

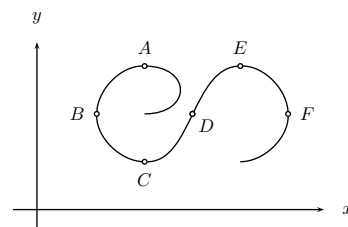
Ispit iz Fizike (15. srpnja 2020.)

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 . x i y -komponenta akceleracije pozitivne su kad se čestica nalazi

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



- 1.2 Kod kosog hica je:

- (a) iznos brzine stalan
- (b) stalna tangencijalna akceleracija
- (c) smjer brzine stalan
- (d) stalna centripetalna akceleracija
- (e) ništa od navedenog **točno**

- 1.3 Tijela mase m i $2m$ počinju istodobno kliziti bez trenja s iste visine niz kosinu. Koja je istinita tvrdnja?

- (a) Akceleracije tijela su jednake i tijela u svakom trenutku imaju jednaku kinetičku energiju.
- (b) Akceleracije tijela su jednake, a kinetičke energije su različite. **točno**
- (c) Akceleracije tijela i kinetičke energije tijela su različite.
- (d) Akceleracije tijela su različite, a kinetičke energije tijela su jednake.
- (e) Nema dovoljno podataka da se zaključi o odnosu akceleracija tijela i odnosu kinetičkih energija tijela.

- 1.4 Tijelo mase 1 kg giba se po kružnici polumjera 2 m stalnom brzinom od 10 m/s. Koliki rad obavlja centripetalna sila pri tom kruženju?

- (a) 0 J **točno**
- (b) 5 J
- (c) 50 J
- (d) -50 J
- (e) 628 J

- 1.5 Dva mehanička titrajna sustava su u rezonanciji ako:

- (a) titranja nisu u fazi.
- (b) su titranja u fazi.
- (c) sustavi nisu međusobno vezani.
- (d) nema prijenosa energije s jednog sustava na drugi.
- (e) je prijenos energije s jednog sustava na drugi maksimalan. **točno**

1.6 Funkcija

$$z(y, t) = Ae^{-(3\text{m}^{-1})y + (2\text{s}^{-1})t^2}$$

može opisivati

- (a) transversalni valni puls koji se širi u smjeru $-y$ osi **točno**
- (b) transversalni valni puls koji se širi u smjeru $+y$ osi
- (c) harmonijski transversalni val koji se širi u smjeru $+y$ osi
- (d) harmonijski transversalni val koji se širi u smjeru $-y$ osi
- (e) longitudinalni val koji se širi u smjeru $+y$ osi

1.7 Proizvedemo li kratak zvučni signal frekvencije f , a koji se zatim odbije od udaljene mirne prepreke, nakon vremena τ čujemo "jeku" nepromijenjene frekvencije f . Uz vjetar koji puše od prepreke prema nama, jeku čujemo nakon vremena τ' , a frekvencija jeke je f' . Vrijede relacije:

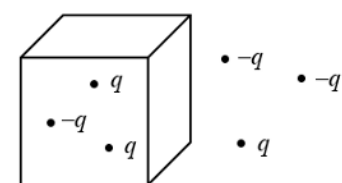
- (a) $\tau' = \tau$, $f' < f$
- (b) $\tau' = \tau$, $f' > f$
- (c) $\tau' > \tau$, $f' < f$
- (d) $\tau' > \tau$, $f' = f$ **točno**
- (e) $\tau' > \tau$, $f' > f$

1.8 Putanja nabijene čestice u homogenom električnom polju općenito je

- (a) segment pravca.
- (b) segment elipse, a u posebnom slučaju segment kružnice.
- (c) segment parabole, a u posebnom slučaju segment pravca. **točno**
- (d) segment hiperbole.
- (e) ništa od navedenog.

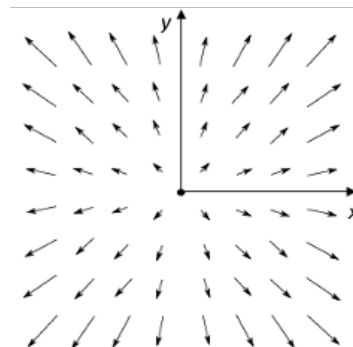
1.9 Koliki je ukupni tok električnog polja kroz površinu kocke prikazane na slici

- (a) $-2q/\epsilon_0$
- (b) $-q/\epsilon_0$
- (c) 0
- (d) q/ϵ_0 **točno**
- (e) $2q/\epsilon_0$



1.10 Na slici je prikazano električno polje \vec{E} u dvije dimenzije. Što vrijedi u ishodištu koordinatnog sustava?

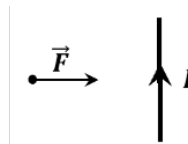
- (a) $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 0$, $\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$
- (b) $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 0$, $\vec{\nabla} \times \vec{E} \neq 0$
- (c) $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} \neq 0$, $\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$ **točno**
- (d) $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} \neq 0$, $\vec{\nabla} \times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



1.11 U određenom trenutku pozitivni naboj nalazi se u blizini vodiča kojim teče struja I i na njega djeluje magnetska sila u smjeru prikazanom na slici. Koji je smjer brzine naboja u tom trenutku?

- (a) \odot
- (b) \uparrow
- (c) \downarrow
- (d) \leftarrow
- (e) \rightarrow

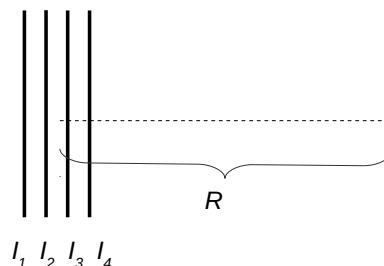
točno



1.12 Za skup vodiča kojima teku struje (vidi sliku) iznosa: $I_1 = I$, $I_2 = 2I$, $I_3 = 3I$, $I_4 = -4I$, odredite iznos magnetskog polja na udaljenosti R od skupa vodiča. (Udaljenosti među vodičima znatno su manje od R .)

- (a) $\mu_0 I / (2R\pi)$
- (b) $\mu_0 I / (R\pi)$
- (c) $2\mu_0 I / (R\pi)$
- (d) $3\mu_0 I / (R\pi)$
- (e) $3\mu_0 I / (2R\pi)$

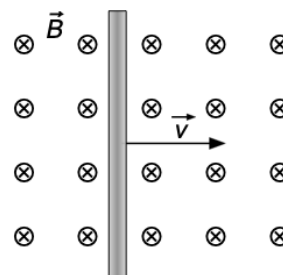
točno



1.13 Za metalni štap koji se giba u magnetskom polju kao na slici, vrijedi:

- (a) naboji unutar štapa se ne gibaju čak niti dok se uspostavlja stacionarno stanje jer štap nije spojen u električni krug
- (b) između krajeva štapa razlika potencijala je nula jer nije spojen na izvor
- (c) magnetska sila na svaki naboj u štapu je nula kad se uspostavi stacionarno stanje
- (d) električna sila na svaki naboj u štapu je nula kad se uspostavi stacionarno stanje
- (e) zbroj električne i magnetske sile na svaki naboj u štapu je nula kad se uspostavi stacionarno stanje

točno



1.14 Električno polje elektromagnetskog vala u vakuumu opisano je izrazom

$$\mathbf{E}[x, t] = E_0 \hat{\mathbf{z}} \cos[k(x - ct)] + E_0 \hat{\mathbf{z}} \cos[k(x + ct)],$$

gdje su E_0 i k konstante, a c je brzina svjetlosti u vakuumu, Taj val putuje

- (a) u pozitivnom smjeru z -osi.
- (b) u negativnom smjeru z -osi.
- (c) u pozitivnom smjeru x -osi.
- (d) u negativnom smjeru x -osi.
- (e) ništa od navedenog — to je stojni val.

točno

- 1.15 Uniformni tanki listić od sapunice (indeks loma $n = 1.33$) se promatra iz zraka u reflektiranoj svjetlosti. Najveća valna duljina za koju su ispunjeni uvjeti konstruktivne interferencije iznosi $\lambda = 540$ nm. Koja je sljedeća valna duljina pri kojoj je ispunjen uvjet konstruktivne interferencije? (Razmotrite svjetlost koja okomito upada na listić.)
- (a) 135 nm
 - (b) 180 nm **točno**
 - (c) 270 nm
 - (d) 320 nm
 - (e) 405 nm

2. Pitanja iz teorije

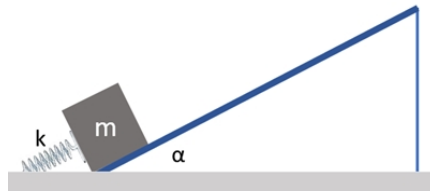
Uputa: Odgovore na pitanja treba napisati na posebnom papiru te popratiti **detaljnim komentarima i crtežima**.

- 2.1 Napišite jednadžbu gibanja za masu na opruzi i izvedite njezino opće rješenje. Napišite izraze za brzinu i akceleraciju mase. [7 bodova]
- 2.2 Napišite Poyntingov vektor ravnog vala čije je električno polje dano izrazom $\vec{E}(x, t) = E_0 \vec{j} \cdot \cos(\omega t - kx)$. Konačni izraz mora sadržavati smjer, iznos i jedinicu. [8 bodova]

3. Računski zadaci

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

- 3.1 Pri dnu dugačke kosine nagiba $\alpha = 30^\circ$ pričvršćena je opruga konstante $k = 500 \text{ N m}^{-1}$. Oprugu sabijemo za $a = 0.25 \text{ m}$ (u odnosu na njenu relaksiranu duljinu), uz njen kraj položimo kutiju mase $m = 0.5 \text{ kg}$ (vidi sliku), te sustav pustimo u gibanje. Odredi duljinu puta koju će kutija prevaliti do svog prvog zaustavljanja, ako je koeficijent trenja kutije s kosinom $\mu = 0.1$.



Rješenje

Energija na početku:

$$E = \frac{k}{2} a^2$$

Energija na kraju:

$$E = mgh + F_{\text{tr}} s = mgs \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha s$$

Slijedi

$$s = \frac{ka^2/2}{mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \simeq 5.43 \text{ m.}$$

- 3.2 Čestica mase $m = 0.2 \text{ kg}$ titra prema izrazu:

$$x(t) = A \sin(\omega t + \phi), \quad (1)$$

gdje je $x(t)$ položaj tijela kao funkcija vremena, a $\omega = \pi \text{ rad/s}$. Ako se čestica u početnom trenutku nalazi u ishodištu s početnom brzinom $v_0 = 2 \text{ m/s}$, izračunajte kinetičku energiju čestice u trenutku $t = 0.25 \text{ s}$.

Rješenje:

Moramo pronaći integracijske konstante A i ϕ iz početnih uvjeta:

$$x(0) = A \sin \phi = 0 \Rightarrow \phi = 0, \quad (2)$$

a iz brzine:

$$v(t) = A\omega \cos(\omega t) \Rightarrow A = \frac{v_0}{\omega}, \quad (3)$$

pa je titranje opisano funkcijom:

$$x(t) = \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t). \quad (4)$$

brzina je:

$$v(t) = v_0 \cos(\omega t), \quad (5)$$

kinetička energija je:

$$K(t) = \frac{mv(t)^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \cos^2(\omega t), \quad (6)$$

u trenutku $t = 0.25 \text{ s}$ ona iznosi:

$$K = \frac{mv_0^2}{4} = 0.2 \text{ J.} \quad (7)$$

- 3.3 Dvije se čestice u mirnom sustavu gibaju brzinama $0.70\ c$, odnosno $0.95\ c$, tako da im se pravocrtne putanje sijeku pod pravim kutom. Kolika je njihova relativna brzina? (Relativna brzina je brzina jedne čestice gledana s druge, ili obrnuto.)

Rješenje

U mirujućem sustavu (sustavu S), kao vanjski promatrač imamo zadane brzine $v_x = 0.7\ c$ i $v_y = 0.95\ c$.

Zanima nas relativna brzina čestica. To znači da želimo znati kolika je brzina druge čestice gledano s prve čestice (ili obrnuto).

Promatrat ćemo brzinu druge čestice promatranu s prve čestice, odnosno postavljamo sustav S' da se giba brzinom prve čestice. Time definiramo da se sustav S' giba brzinom v u smjeru x-osi:

$$v = 0.7\ c$$

Ako se mi, kao promatrač, postavimo na prvu česticu, za nas ta čestica miruje: $v_x = 0$

Preostaje transferirati brzine iz S sustava u S' sustav, odnosno izračunati brzine v'_x i v'_y :

$$v'_x = \frac{v_x - v}{1 - \frac{v_x v}{c^2}} = \frac{0 - 0.7\ c}{1 - 0} = -0.7\ c$$

$$v'_y = \frac{v_y \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v_x v}{c^2}} = \frac{0.95\ c \sqrt{1 - 0.7^2}}{1 - 0} = 0.6784\ c$$

Računamo rezultatni vektor relativne brzine:

$$v_{rel} = \sqrt{v'^2_x + v'^2_y} = 0.9748\ c$$

- 3.4 Dva paralelna beskonačnog duga vodiča međusobno su udaljena $60\ cm$. Njima teku struje jakosti $7\ A$ u suprotnim smjerovima. Izračunajte iznos magnetskog polja u točki koja se nalazi između vodiča na udaljenosti $40\ cm$ od jednog od njih.

Rješenje:

Prema Ampereovom zakonu iznos magnetskog polja na udaljenosti r od vodiča kojim teče struja jakosti I dana je izrazom:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (8)$$

Tako na udaljenosti $40\ cm$ od npr. prvog vodiča iznos magnetskog polja je:

$$B_1 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}\ NA^{-2}7\ A}{2\pi 0.4\ m} \approx 3.5 \cdot 10^{-6}\ T \quad (9)$$

te na udaljenosti $20\ cm$ od drugog vodiča iznos magnetskog polja je:

$$B_2 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}\ NA^{-2}7\ A}{2\pi 0.2\ m} \approx 7.0 \cdot 10^{-6}\ T \quad (10)$$

S obzirom na smjer struja u oba vodiča rezultatna iznos magnetskog polja u zadanoj točki jednaka je:

$$B = B_1 + B_2 \approx 10.5 \cdot 10^{-6}\ T \quad (11)$$

- 3.5 Linearno polarizirana svjetlost upada na sustav od dva polarizatora. Intenzitet svjetlosti nakon prolaska kroz prvi polarizator se smanji za 6%. Nakon prolaska kroz drugi polarizator intenzitet svjetlosti padne na nulu. Koji kut zatvara os polarizacije drugog polarizatora sa smjerom polarizacije upadne svjetlosti?

Rješenje:

Kada polarizirana svjetlost upada na polarizator tada intenzitet izlazne svjetlosti pada po zakonu:

$$I_1 = I_0 \cos^2 \theta \quad (12)$$

gdje je I_0 intenzitet upadne svjetlosti, a θ kut koji zatvara polarizirana svjetlost s osi polarizatora.

Prema tome lako se izračuna kut pod kojim je zakrenuta os prvog polarizatora u odnosu na smjer polarizacije upadne svjetlosti:

$$\theta_1 = \arccos\left(\sqrt{\frac{I_1}{I_0}}\right) = \arccos(\sqrt{1 - 0.06}) \approx 14.18^\circ \quad (13)$$

S obzirom da intenzitet svjetlosti nakon prolaska kroz drugi polarizator padne na nulu mora vrijedi:

$$0 = \cos^2 \theta_2 \quad (14)$$

gdje je θ_2 kut koji os polarizacije drugog polarizatora zatvara sa osi polarizacije svjetlosti nakon prolaska kroz prvi polarizator.

$$\theta_{12} = \arccos(0) = 90^\circ \quad (15)$$

Tada je kut koji os polarizacije drugog polarizatora zatvara sa osi polarizacije upadne svjetlosti jednak:

$$\theta_2 = \theta_{12} \pm \theta_1 = 90^\circ \pm 14.18^\circ \quad (16)$$

Kao što se vidi, dva su moguća rješenja s obzirom na to da li je os polarizacije drugog polarizatora zakrenuta u istom smjeru kao i os prvog polarizatora u odnosu na smjer polarizacije upadne svjetlosti.