

Ispit iz Fizike (1. srpnja 2020.)

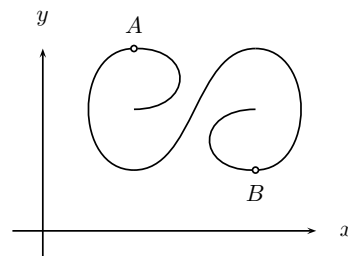
1. Pitanja višestrukog izbora

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 bez zaustavljanja duž krivulje prikazane na slici. Na putu od točke A do točke B

- (a) ne postoje točke u kojima je x -komponenta brzine jednaka nuli.
- (b) ne postoje točke u kojima je y -komponenta brzine jednaka nuli.
- (c) ne postoje točke u kojima su x -komponenta i y -komponenta brzine suprotnog predznaka.
- (d) ne postoje točke u kojima su x -komponenta i y -komponenta brzine istog predznaka.
- (e) postoji točka u kojoj je centripetalna akceleracija čestice nulvektor.

točno



1.2 Lopta se ispusti bez početne brzine s visine h na tlo. Nakon sudara s podlogom lopta se popne do visine $h/2$. Ako zanemarite otpor zraka, koliki je impuls sile podloga preдала lopti (promjena količine gibanja lopte)?

(a) $m(\sqrt{2gh} - \sqrt{gh})$

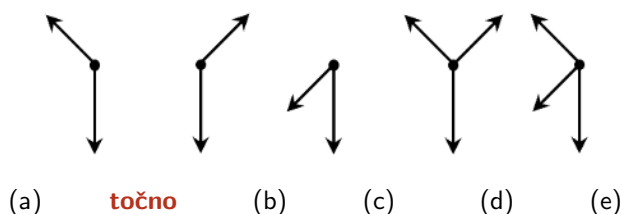
(b) $m(\sqrt{2gh} + \sqrt{gh})$ **točno**

(c) $m(gh - \frac{1}{2}gh)$

(d) $m(gh + \frac{1}{2}gh)$

(e) 0

1.3 Kuglica mase m njiše se na niti duljine L . Kako izgleda dijagram sila (prikaz sila koje djeluju na tijelo) na tu kuglicu kad je maksimalno otklonjena od ravnotežnog položaja?



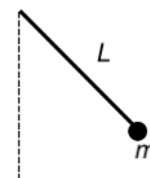
(a) **točno**

(b)

(c)

(d)

(e)



1.4 Kod prigušenog titranja je istinito:

(a) Rad sile prigušenja je negativan. **točno**

(b) Frekvencija titranja jednaka je frekvenciji oscilatora bez prigušenja.

(c) Uvijek postoje oscilacije, neovisno o posebnim parametrima sustava.

(d) Nikad ne postoje oscilacije, neovisno o posebnim parametrima sustava.

(e) Q-faktor je veličina koja opisuje promjenu frekvencije između dva uzastopna titraja.

1.5 Što treba učiniti s napetosti niti da se brzina transversalnog vala poveća dva puta?

(a) Smanjiti je četiri puta.

(b) Smanjiti je dva puta.

(c) Povećati je dva puta.

(d) Povećati je četiri puta. **točno**

(e) Napetost niti ne utječe na brzinu vala.

1.6 Stojni val na žici duljine 5 m učvršćenoj na rubovima može imati valnu duljinu

- (a) 30 m
- (b) 25 m
- (c) 20 m
- (d) 15 m
- (e) 10 m **točno**

1.7 Pored mirnog promatrača prolazi vlak brzinom $v/3$ i emitira ton određene frekvencije f . Ako je v brzina zvuka u zraku, frekvencija tona koju promatrač čuje nakon prolaska vlaka u odnosu na frekvenciju koju je čuo pri približavanju vlaka:

- (a) smanji se 2 puta **točno**
- (b) smanji se $3/4$ puta
- (c) poveća se 2 puta
- (d) poveća se $3/2$ puta
- (e) ostaje nepromijenjena

1.8 Svemirski brod prolazi pored Zemlje brzinom $0.95 c$.

- (a) Tehničar na brodu mjeri manju duljinu broda u smjeru gibanja nego opažač na Zemlji i sat ide sporije na brodu nego na Zemlji.
- (b) Tehničar na brodu mjeri manju duljinu broda u smjeru gibanja nego opažač na Zemlji i sat ide brže na brodu nego na Zemlji.
- (c) Tehničar na brodu mjeri veću duljinu broda u smjeru gibanja nego opažač na Zemlji i sat ide sporije na brodu nego na Zemlji. **točno**
- (d) Tehničar na brodu mjeri veću duljinu broda u smjeru gibanja nego opažač na Zemlji i sat ide brže na brodu nego na Zemlji.
- (e) Tehničar na brodu mjeri jednaku duljinu broda u smjeru gibanja kao opažač na Zemlji i sat ide jednako brzo na brodu kao na Zemlji.

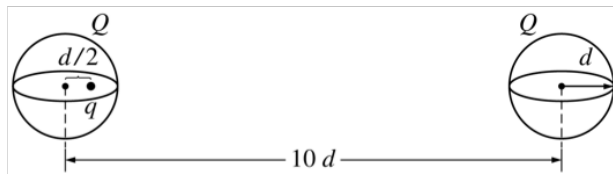
1.9 Ukupna energija relativističke čestice je $100mc^2$. Ako je masa čestice m , njena količina gibanja iznosi približno:

- (a) $1 mc$
- (b) $10 mc$
- (c) $70 mc$
- (d) $100 mc$ **točno**
- (e) $104 mc$

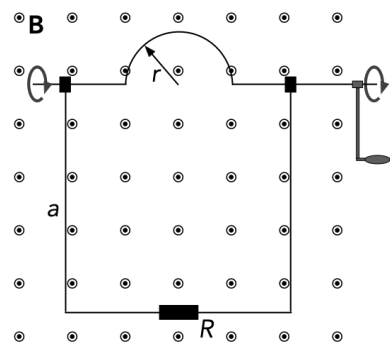
1.10 Kad čestica naboja Q ulazi nekom brzinom u vremenski stalno magnetsko polje te gibanje naboja nije paralelno smjeru magnetskog polja, tada čestica:

- (a) mijenja smjer brzine i svoju kinetičku energiju
- (b) zadržava smjer brzine, ali mijenja svoju kinetičku energiju
- (c) mijenja brzinu po smjeru, a kinetička energija joj ostaje nepromijenjena **točno**
- (d) mijenja iznos brzine, ali ne mijenja svoju kinetičku energiju
- (e) ne mijenja brzinu ni po iznosu ni po smjeru, kao ni svoju kinetičku energiju

- 1.11 Dvije sferne, nevodljive i vrlo tanke ljuske jednoliko raspodijeljenog pozitivnog naboja Q i polumjera d , nalaze se na međusobnoj udaljenosti $10d$ (vidi sliku). Pozitivni točkasti naboj q je stavljen unutar jedne od ljusaka na udaljenosti $d/2$ od središta, na liniji koja spaja središta dviju ljusaka. Kolika je ukupna sila na naboj q ?



- (a) $qQ/(361\pi\epsilon_0 d^2)$ prema lijevo **točno**
 (b) $qQ/(361\pi\epsilon_0 d^2)$ prema desno
 (c) $qQ/(441\pi\epsilon_0 d^2)$ prema lijevo
 (d) $qQ/(441\pi\epsilon_0 d^2)$ prema desno
 (e) $360qQ/(361\pi\epsilon_0 d^2)$ prema lijevo
- 1.12 Žica je oblikovana u polukrug, polumjera r i rotira kružnom frekvencijom ω u magnetskom polju \vec{B} koje je okomito na površinu koju omeđuje strujni krug (vidi sliku). Strujni krug ima oblik kvadrata sa stranicom a . Koji od sljedećih izraza daje točan iznos inducirane elektromotorne sile u krugu?



- (a) $B(r^2\pi/2)\omega \cos(\omega t)$ **točno**
 (b) $B(r^2\pi)\omega \cos(\omega t)$
 (c) $B(a^2 + r^2\pi)\omega \cos(\omega t)$
 (d) $B(a^2 + r^2\pi/2)\omega \cos(\omega t)$
 (e) $B(r^2\pi/2) \cos(\omega t)$
- 1.13 Za koju od sljedećih jednačbi rješenje **NIJE** elektromagnetski val?
- (a) $\nabla^2 \vec{E} - \mu_0\epsilon_0(\partial^2 \vec{B})/(\partial t^2) = 0$ **točno**
 (b) $\nabla^2 \vec{E} - \mu_0\epsilon_0(\partial^2 \vec{E})/(\partial t^2) = 0$
 (c) $(\partial^2 \vec{E})/(\partial x^2) - \mu_0\epsilon_0(\partial^2 \vec{E})/(\partial t^2) = 0$
 (d) $\nabla^2 \vec{B} - \mu_0\epsilon_0(\partial^2 \vec{B})/(\partial t^2) = 0$
 (e) $\nabla^2 \vec{B} - \frac{1}{c^2}(\partial^2 \vec{B})/(\partial t^2) = 0$
- 1.14 Ako je električno polje u vakuumu opisano izrazom

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

pri čemu su E_0 i k konstante, a c je brzina svjetlosti u vakuumu, odgovarajuće magnetsko polje opisano je izrazom

- (a) $\mathbf{B}(x, t) = -(E_0/c) \hat{\mathbf{x}} \cos[k(x - ct)]$.
 (b) $\mathbf{B}(x, t) = -(E_0/c) \hat{\mathbf{y}} \cos[k(x + ct)]$.
 (c) $\mathbf{B}(x, t) = (E_0/c) \hat{\mathbf{x}} \cos[k(x - ct)]$.
 (d) $\mathbf{B}(x, t) = (E_0/c) \hat{\mathbf{y}} \cos[k(x + ct)]$.
 (e) Ništa od navedenog. **točno**

1.15 U Youngovom pokusu dvije pukotine obasjamo monokromatskom svjetlošću valne duljine 400 nm. Na zastoru dobivamo 10 pruga unutar 1.8 cm. Kad izvor svjetlosti zamijenimo drugim izvorom svjetlosti, na zastoru dobivamo 10 pruga u 2.7 cm. Koja je valna duljina drugog izvora?

- (a) 400 nm
- (b) 500 nm
- (c) 600 nm **točno**
- (d) 700 nm
- (e) 800 nm

2. Pitanja iz teorije

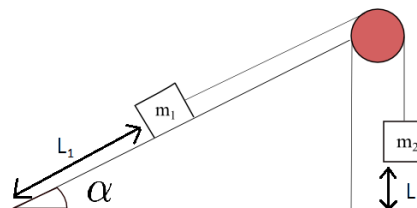
Uputa: Odgovore na pitanja treba napisati na posebnom papiru te popratiti **detaljnim komentarima i crtežima**.

- 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 Izvedite izraz za elektromotornu silu pri gibanju vodiča u magnetskom polju. [8 bodova]

3. Računski zadaci

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

- 3.1 Sustav utega s kolotuirom nalazi se kosini koja je učvršćena za pod (vidi sliku). Poznate su ove veličine: $m_1 = 3$ kg, $m_2 = 5$ kg, kut kosine $\alpha = 60^\circ$, faktor trenja $\mu = 1.2$, duljine $L_1 = 6$ m i $L_2 = 2$ m. Ako sustav pustimo u gibanje iz mirovanja, odredite koje će tijelo dotaknuti pod i izračunajte nakon koliko vremena.



Rješenje

Pretpostavljamo gibanje tijela 2 prema dolje. Jednadžbe gibanja za oba utega su:

$$-m_1 g \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha + T = m_1 a \quad (1)$$

$$m_2 g - T = m_2 a \quad (2)$$

Ako zbrojimo jednadžbe dobivamo:

$$a = g \frac{m_2 - m_1 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{m_1 + m_2} \approx 0.74 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (3)$$

Akceleracija je pozitivna, pa je pretpostavljeni smjer gibanja dobar.

Tijelo 2 mora prijeći udaljenost L_2 sa tom akceleracijom do poda:

$$L_2 = \frac{at^2}{2} \quad (4)$$

$$t = \sqrt{\frac{2L_2}{a}} \approx 2.33 \text{ s}$$

3.2 Prigušeno titranje tijela opisano je izrazom:

$$x(t) = a_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t), \quad (5)$$

gdje je $x(t)$ položaj tijela kao funkcija vremena, a a_0 , β i ω su poznate pozitivne konstante. Izračunajte brzinu tijela u početnom trenutku.

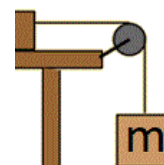
Rješenje

Brzina tijela je dana:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = -a_0 \beta e^{-\beta t} \sin \omega t + a_0 \omega e^{-\beta t} \cos \omega t \implies v(0) = a_0 \omega. \quad (6)$$

3.3 Napetim užetom istovremeno putuju dva transverzalna vala:

$y_1 = A \sin(\omega t - kx + \phi_1)$ i $y_2 = A \sin(\omega t - kx + \phi_2)$, frekvencije $f = 50$ Hz, amplitude $A = 4$ cm i razlike faza $\phi_2 - \phi_1 = 170^\circ$. Kolika je srednja snaga potrebna za pobuđivanje svakog od ova dva vala (kada bi oni nezavisno titrali) i koliku srednju snagu nosi rezultantni val? Masa po jedinici duljine užeta je 0.1 kg/m, a užje je napeto pomoću utega mase $m = 3$ kg (vidi sliku)



Rješenje

Sila koja napinje žicu je $F = mg = 29.43$ N.

Srednja snaga vala je dana s:

$$\bar{P}_1 = \bar{P}_2 = \frac{\mu}{2} A^2 \omega^2 v \quad (7)$$

$$\bar{P}_1 = \bar{P}_2 = 2(Af\pi)^2 \sqrt{F\mu} \approx 136 \text{ W} \quad (8)$$

Tražimo izgled funkcije rezultantnog vala:

$$y_{1+2} = y_1 + y_2 = A [\sin(\omega t - kx + \phi_1) + \sin(\omega t - kx + \phi_2)] \quad (9)$$

Koristimo trigonometrijski identitet:

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) \cos\left(\frac{\alpha - \beta}{2}\right) \quad (10)$$

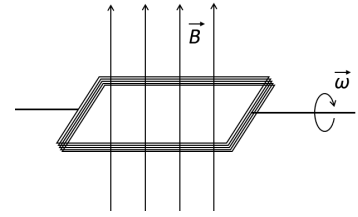
pomoću kojeg dobivamo:

$$y_{1+2} = 2A \cos\left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2}\right) \sin\left(\omega t - kx + \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}\right), \quad (11)$$

pa je rezultantna snaga:

$$\bar{P}_{1+2} = 2[2A \cos\left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2}\right) f \pi]^2 \sqrt{F\mu} \approx 4.2 \text{ W} \quad (12)$$

- 3.4 Pravokutna zavojnica, stranica 25 cm i 40 cm s 125 namotaja, rotira oko horizontalne osi u vertikalnom homogenom magnetskom polju iznosa 3.5 mT. Kojom kutnom brzinom zavojnica mora rotirati da bi amplituda inducirane elektromotorne sile bila jednaka 5 V? Os rotacije prolazi polovištem duljine zavojnice.



Rješenje

U ovom slučaju elektromotorna sila je inducirana promjenom kuta normale navoja zavojnice i smjera magnetskog polja.

$$\mathcal{E} = -\frac{d}{dt} \int_S N \vec{B} \times \hat{n} da \quad (13)$$

$$= -\frac{d}{dt} \int_S N |\vec{B}| |\hat{n}| \cos \Theta da \quad (14)$$

$$= -\frac{d}{dt} [N |\vec{B}| \cos \Theta \int_S da] = -\frac{d}{dt} [N |\vec{B}| A \cos \Theta] \quad (15)$$

$$= -N |\vec{B}| A \frac{d \cos \Theta}{dt} \quad (16)$$

Kut Θ , između normale navoja i magnetskog polja je jednak ωt , iz toga slijedi:

$$\mathcal{E} = -N |\vec{B}| A \frac{d \cos(\omega t)}{dt} = -N |\vec{B}| A [-\omega \sin(\omega t)] \quad (17)$$

$$= N |\vec{B}| A \omega \sin(\omega t) \quad (18)$$

Maksimalna elektromotorna sila će biti kada je $\sin(\omega t) = 1$.

$$\mathcal{E}_{\text{Max}} = 5 \text{ V} = N |\vec{B}| A \omega = 125 (3.5 \times 10^{-3}) (0.25) (0.4) \omega \quad (19)$$

Konačni rezultat je:

$$\omega = \frac{5}{125 (3.5 \times 10^{-3}) (0.25) (0.4)} = 114.3 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad (20)$$

- 3.5 U Youngovom pokusu dvije su pukotine obasjane monokromatskom svjetlošću valne duljine $\lambda = 600 \text{ nm}$. Prekrije li se jedna pukotina tankom folijom debljine l čiji je indeks loma $n_1 = 1.6$, a druga tankom folijom iste debljine čiji je indeks loma $n_2 = 1.3$, nulti se maksimum pomakne na mjesto prijašnjeg petnaestog maksimuma ($m = 15$). Kolika je debljina folije? Indeks loma zraka je $n_z = 1.0$.

Rješenje

Na mjestu petnaestog maksimuma ($m = 15$), iz uvjeta za konstruktivnu interferenciju dvaju točkastih izvora vrijedi:

$$|x_2 - x_1| = 15\lambda$$

Prekrije li se jedna pukotina tankom folijom debljine l i indeksa loma $n_1 = 1.6$, a druga pukotina tankom folijom iste debljine i indeksa loma $n_2 = 1.3$, za nulti maksimum vrijedi:

$$[(x_2 - l) n_z + l n_2] - [(x_1 - l) n_z + l n_2] = 0$$

Sređivanjem izraza slijedi:

$$x_2 - x_1 = l (n_1 - n_2)$$

Korištenjem zadanog uvjeta za 15-ti maksimum, $|x_2 - x_1| = 15\lambda$, slijedi:

$$15\lambda = l (n_1 - n_2)$$

Odnosno,

$$l = \frac{15\lambda}{n_1 - n_2}$$

Debljina listića je:

$$l = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$