

Ispit iz Fizike (17. srpnja 2019.)

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 U trenutku $t = 0$ na česticu koja je do tada mirovala počne djelovati sila. Ako sila djeluje stalnom snagom, iznos brzine čestice u trenutku $t > 0$ razmjernan je s

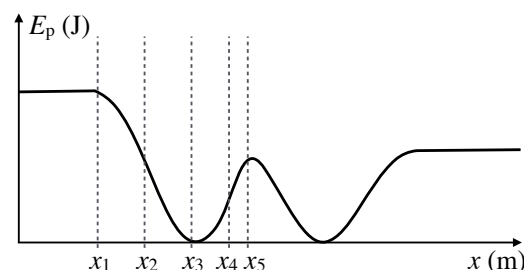
- (a) $t^{-1/2}$
- (b) t^0 (ne ovisi o vremenu)
- (c) $t^{1/2}$ **točno**
- (d) t^1
- (e) t^2

- 1.2 Razmatramo savršeno neelastičan sudar dvaju tijela u vodoravnoj ravni. Tijelo mase m_1 se prije sudara gibalo prema sjeveru brzinom iznosa v_1 , a tijelo mase m_2 se prije sudara gibalo prema istoku brzinom iznosa v_2 . Iznos brzine tijela koje nastaje ovim sudarom je

- (a) $\sqrt{\frac{m_1^2 v_1^2 + m_2^2 v_2^2}{(m_1 + m_2)^2}}$ **točno**
- (b) $\frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$
- (c) $\sqrt{\frac{m_1^2 v_1^2 + m_2^2 v_2^2}{m_1 m_2}}$
- (d) $\frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{\sqrt{m_1 m_2}}$
- (e) ništa od navedenog.

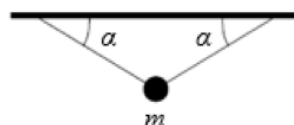
- 1.3 Na dijagramu je prikazana ovisnost potencijalne energije sustava o položaju jedne čestice. U kojem od označenih položaja na česticu djeluje jaka sila u smjeru $+x$ osi?

- (a) x_1
- (b) x_2 **točno**
- (c) x_3
- (d) x_4
- (e) x_5



- 1.4 Kuglica mase m visi na dvije nerastezljive niti kao što je prikazano na slici. Kolika je napetost svake niti?

- (a) $mg/2$
- (b) $mg/\sin(\alpha)$
- (c) $mg/\cos(\alpha)$
- (d) $mg/(2\sin \alpha)$ **točno**
- (e) $mg/(2\cos \alpha)$



1.5 Pri superpoziciji dva harmonijska titranja, rezultatno gibanje bit će harmonijsko titranje stalnom amplitudom:

- (a) uvijek
- (b) nikada
- (c) samo ako dva titranja započinju u istom trenutku
- (d) samo ako su dva titranja iste amplitude
- (e) samo ako su dva titranja istih frekvencija **točno**

1.6 Valna jednadžba za transversalni val na užetu duljine 3 m i mase 2 kg, koje je napeto silom 4 N glasi:

- (a) $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \left(\frac{1}{6} \text{ m}^2/\text{s}^2\right) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$
- (b) $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \left(\frac{3}{8} \text{ m}^2/\text{s}^2\right) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$
- (c) $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \left(\frac{8}{3} \text{ m}^2/\text{s}^2\right) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$
- (d) $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - (6 \text{ m}^2/\text{s}^2) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$ **točno**
- (e) $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - (12 \text{ m}^2/\text{s}^2) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$

1.7 Dva zvučnika emitiraju zvučne valove jednake amplitude i frekvencija 440 Hz i 442 Hz. Što će se dogoditi s udarima ako se frekvencija 442 Hz smanji na 438 Hz?

- (a) Udari će biti češći.
- (b) Udari će biti rjeđi.
- (c) Udari će biti glasniji.
- (d) Udari će biti tiši.
- (e) Udari se neće promijeniti. **točno**

1.8 Elektron ima ukupnu energiju jednaku $4 \times$ (energija mirovanja elektrona). Količina gibanja elektrona jednaka je:

- (a) $m_e c$
- (b) $\sqrt{2} m_e c$
- (c) $\sqrt{15} m_e c$ **točno**
- (d) $4 m_e c$
- (e) $2\sqrt{15} m_e c$

1.9 Za ubrzati česticu mase m od mirovanja do brzine svjetlosti potrebno bi bilo uložiti rad jednak

- (a) mc
- (b) $2mc$
- (c) mc^2
- (d) $2mc^2$
- (e) beskonačno. **točno**

1.10 Razmotrimo pokus translacije vodljive (metalne) ploče stalnom brzinom u homogenom magnetskom polju. U kojem će slučaju pri pokusu doći do preraspodjele naboja na ploči? (\hat{n} - normala na ploču, \vec{v} - smjer gibanja ploče, \vec{B} - magnetsko polje)

- (a) \hat{n} u smjeru \vec{e}_x , \vec{v} u smjeru \vec{e}_x , \vec{B} u smjeru \vec{e}_y **točno**
- (b) \hat{n} u smjeru \vec{e}_x , \vec{v} u smjeru \vec{e}_y , \vec{B} u smjeru \vec{e}_y
- (c) \hat{n} u smjeru \vec{e}_z , \vec{v} u smjeru \vec{e}_y , \vec{B} u smjeru \vec{e}_y
- (d) \hat{n} u smjeru \vec{e}_z , \vec{v} u smjeru \vec{e}_z , \vec{B} u smjeru \vec{e}_z
- (e) \hat{n} u smjeru \vec{e}_y , \vec{v} u smjeru \vec{e}_z , \vec{B} u smjeru \vec{e}_z

1.11 Oko beskonačno duge žice nabijene linijskom gustoćom naboja λ postavljene su tri plohe u obliku valjka tako da se njihova os podudara sa žicom. Valjak A ima polumjer R i visinu h , valjak B polumjer $2R$ i visinu h , a valjak C polumjer R i visinu $2h$. Usporedite iznose toka električnog polja kroz te tri plohe.

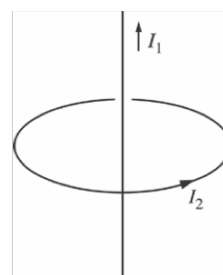
- (a) $\Phi_{EA} = \Phi_{EB} = \Phi_{EC}$
- (b) $\Phi_{EA} < \Phi_{EB} = \Phi_{EC}$
- (c) $\Phi_{EA} = \Phi_{EB} < \Phi_{EC}$ **točno**
- (d) $\Phi_{EA} < \Phi_{EC} < \Phi_{EB}$
- (e) $\Phi_{EA} < \Phi_{EB} < \Phi_{EC}$

1.12 Kad struja prolazi kroz dva paralelna dugačka vodiča u istom smjeru, tada se:

- (a) vodiči međusobno privlače **točno**
- (b) vodiči međusobno odbijaju
- (c) vodiči prvo privlače, a onda odbijaju
- (d) vodiči saviju jedan oko drugog
- (e) vodiči ni ne privlače ni ne odbijaju

1.13 Beskonačno duga, ravna žica nosi struju I_1 te prolazi kroz centar kružnice koju čini žica kojom teče struja I_2 (vidi sliku). Duga žica je okomita na ravninu kružnice. Magnetska sila na kružnu žicu djeluje

- (a) prema van, duž radijusa kružnice
- (b) prema centru, duž radijusa kružnice
- (c) prema gore, duž osi kružnice
- (d) prema dolje, duž osi kružnice
- (e) nema magnetske sile na kružnu žicu **točno**



1.14 Elektromagnetski ravni val linearno polariziran duž x -osi širi u smjeru $+z$ -osi. Tok magnetskog polja kroz plohu S iščezavat će za taj val ako je normala na plohu u smjeru

- (a) \hat{x} i \hat{z} **točno**
- (b) \hat{x} i \hat{y}
- (c) \hat{y} i \hat{z}
- (d) \hat{y}
- (e) Nema plohe kroz koju bi tok magnetskog polja iščezavao.

1.15 Dva koherentna izvora valova titraju u fazi. Ako je razlika duljina optičkih puteva tih valova do točke u kojoj interferiraju jednaka $\lambda/2$, onda je razlika faza valova u toj točki:

- (a) 230°
- (b) 180° **točno**
- (c) 90°
- (d) 45°
- (e) 0°

2. Pitanja iz teorije

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

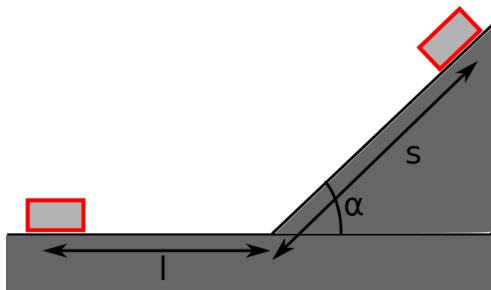
- 2.1 Skicirajte kružnu putanju čestice, označite vektore položaja i brzine u trenutku t i u kasnijem trenutku $t + \Delta t$. Označite kut koji je za to vrijeme "prebrisao" vektor položaja. Pomoću tih veličina izvedite vezu između obodne i kutne brzine čestice. Napišite taj izraz u vektorskom obliku. [8 bodova]
- 2.2 Za progresivni transverzalni harmonički val koji nailazi na granicu sredstava izvedite izraze za amplitude transmitiranog i reflektiranog vala. [9 bodova]
- 2.3 Izvedite izraz za elektromotornu silu pri gibanju vodiča u magnetskom polju. [6 bodova]

3. Računski zadaci

Uputa: Postupke i rješenja treba napisati na posebnim papirima. Svaki zadatak nosi 7 bodova.

- 3.1 Tijelo mase $m = 50 \text{ g}$ klizi niz kosinu nagiba $\alpha = 30^\circ$ s početnom brzinom nula te u nastavku gibanje po horizontalnoj ravnini prijeđe put $l = 50 \text{ cm}$ sve dok se ne zaustavi. Izračunajte rad sile trenja tijekom cijelog puta (gibanje niz kosinu i po horizontalnoj plohi) uz pretpostavku iste vrijednosti koeficijenta trenja $\mu = 0.15$ za kosinu i horizontalnu plohu.

Rješenje



Iz zakona sačuvanja energije pišemo relaciju između rada sile trenja i ukupne početne energije tijela:

$$E_k + E_u + W_{tr} = 0 \quad (1)$$

$$\mu mg \cos \alpha s + \mu mgl = 0 + (mgs \sin \alpha) \quad (2)$$

gdje je s prijeđeni put tijela na kosini, a l prijeđeni put na ravnoj plohi.

Za prijeđeni put na kosini tako se dobiva:

$$s = \frac{\mu l}{\sin \alpha - \mu \cos \alpha} \quad (3)$$

Onda je rad sile trenja:

$$W_{tr} = -\mu mg(s \cos \alpha + l) = -\frac{\mu l mg}{1 - \mu \cot \alpha} = -0.05 \text{ J} \quad (4)$$

- 3.2 Tijelo obješeno na opruzi izmaknuto je iz položaja ravnoteže i pušteno da titra. U jednoj sekundi tijelo napravi 3 puna titraja, a amplituda titranja mu se smanji na 10% početne amplitude. Kolika bi bila kružna frekvencija titranja ovog tijela bez prigušenja?

Rješenje

Vrijeme potrebno za jedan titraj je $T = (1\text{ s})/3 = 0.33\text{ s}$, stoga je frekvencija titranja:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \approx 18.85\text{ rad/s}^{-1} \quad (5)$$

Imamo zadanu amplitudu u trenutku $t = 1\text{ s}$:

$$A(t = 1\text{ s}) = 0.1A_0 = A_0e^{-\delta t} \Rightarrow \delta = -\frac{\ln 0.1}{1\text{ s}} = 2.30\text{ rad/s}^{-1} \quad (6)$$

Kružne frekvencije prigušenog i neprigušenog titranja odnose se kao:

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \delta^2 \quad (7)$$

Uvrštavanjem rezultata za δ i poznate vrijednosti za ω , dobiva se vrijednost frekvencije neprigušenog titranja:

$$\omega_0^2 = \sqrt{\omega^2 + \delta^2} \approx 18.99\text{ rad/s}^{-1} \quad (8)$$

- 3.3 Dvije se čestice u nekom sustavu gibaju brzinama $0.75 c$, odnosno $0.9 c$, tako da im se pravocrtne putanje sijeku pod pravim kutom. Odredite iznos njihove relativne brzine.

Rješenje

U mirujućem sustavu (sustavu S), kao vanjski promatrač imamo zadane brzine $v_x = 0.75 c$ i $v_y = 0.9 c$.

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:

$$v = 0.75 c$$

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

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

$$v'_x = \frac{v_x - v}{1 - \frac{v_x v}{c^2}} = \frac{0 - 0.75 c}{1 - 0} = -0.75 c$$

$$v'_y = \frac{v_y \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v_x v}{c^2}} = \frac{0.9 c \sqrt{1 - 0.75^2}}{1 - 0} = 0.5953 c$$

Računamo iznos vektora relativne brzine:

$$v_{rel} = \sqrt{v'^2_x + v'^2_y} = 0.957 c$$

- 3.4 Generator izmjenične struje napravljen je sa zavojnicom od 30 namotaja žice, svaki površine $S = 0.15 \text{ m}^2$. Zavojnica rotira konstantnom frekvencijom 50 Hz u konstantnom magnetskom polju jakosti 0.25 T. Izračunajte maksimalnu induciranu elektromotornu silu.

Rješenje

Tok magnetskog polja je:

$$\Phi = \int \vec{B} \cdot \hat{n} dS$$

Rotacijom zavojnice efektivno se mijenja površina okomita na magnetsko polje. Treba prepoznati da je vektor normale funkcija ovisna o vremenu:

$$\Phi = \int B \cos\theta(t) dS$$

Integriramo po cijeloj površini, pa slijedi:

$$\Phi = BS \cos\theta(t)$$

Tražimo elektromotornu silu:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

Deriviranjem toka magnetskog polja po vremenu dobivamo:

$$\varepsilon = -NBS \sin\theta(t) \frac{d\theta}{dt}$$

Ključno je prepoznati da je kutna brzina:

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega = 2\pi f$$

Elektromotorna sila ima maksimalnu vrijednost kada je $\sin\theta(t) = 1$, pa slijedi:

$$\varepsilon_{max} = NBS \cdot 2\pi f$$

Uvrštavanjem zadanih vrijednosti dobivamo:

$$\varepsilon_{max} = 353.43 \text{ V}$$

- 3.5 Želite osvijetliti prostoriju u kojoj studenti pišu ispit, ali ispred izvora svjetla su postavljena dva međusobno okomita linearna polarizatora, zbog čega niti malo svjetlosti ne prolazi do prostorije. Ne možete pomaknuti polarizatore, ali možete između ta dva polarizatora ubaciti treći linearni polarizator pod proizvoljnim kutom. Pod kojim kutom ćete postaviti treći polarizator da bi osigurali studentima najveći mogući intenzitet svjetlosti za pisanje ispita? Koliki je u tom slučaju konačni intenzitet svjetlosti u odnosu na intenzitet svjetlosti nakon prvog polarizatora I_0 ?

Rješenje

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

$$I_1 = I_0 \cos^2(\theta) \quad (9)$$

Označimo kut između prvog i drugog polarizatora sa θ . Tada je kut između drugog i trećeg polarizatora $\pi/2 - \theta$. Ako označimo s I_0 intenzitet svjetlosti nakon prvog polarizatora, s I_1 intenzitet svjetlosti nakon drugog (naknadno ubačenog) polarizatora, a s I_2 konačni intenzitet svjetlosti koji dolazi u prostoriju, možemo izračunati:

$$I_2 = I_1 \cos^2\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = I_0 \cos^2 \theta \cos^2\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = I_0 \cos^2 \theta \sin^2 \theta, \quad (10)$$

Umnožak sinusa i kosinusa može se dalje raspisati:

$$I_2 = I_0 \cos^2 \theta \sin^2 \theta = I_0 \left(\frac{1}{2} \sin(2\theta)\right)^2, \quad (11)$$

Intenzitet je maksimalan za

$$\sin(2\theta) = 1. \quad (12)$$

Iz čega slijedi

$$\theta = \frac{\pi}{4}. \quad (13)$$

Prostorija će biti maksimalno osvijetljena za kut od $\frac{\pi}{4}$ (45°). U tom slučaju će konačni intenzitet biti:

$$I_2 = I_0 \frac{1}{4} \sin^2\left(2 \cdot \frac{\pi}{4}\right) = \frac{I_0}{4}. \quad (14)$$

- 3.6 Transverzalni sinusoidalni val na užetu ima amplitudu $A = 5 \text{ cm}$ i valnu duljinu $\lambda = 0.5 \text{ m}$. Lijevi kraj užeta, koji se nalazi u koordinatnom ishodištu, titra frekvencijom $f = 3 \text{ Hz}$ po zakonu $u(0, t) = A \sin(\omega t)$. Kolika je brzina vala? Kolika je transversalna elongacija, transversalna brzina i akceleracija čestice užeta udaljene 0.1 m od ishodišta u trenutku $t = 0.1 \text{ s}$?

Rješenje

Brzina vala je

$$v = \lambda f = 1.5 \text{ m/s} \quad (15)$$

Izraz koji opisuje titranje proizvoljne čestice užeta:

$$u(X, t) = A \sin(\omega t - kx) = 0.05 \sin(18.84t - 12.56x) \text{ m} \quad (16)$$

Transverzalna elongacija, transversalna brzina i akceleracija čestice užeta udaljene 0.1 m od ishodišta u trenutku $t = 0.1 \text{ s}$ su:

$$u(0.1, 0.1) = 0.029 \text{ m} \quad (17)$$

$$v_u = A\omega \cos(\omega t - kx) = 0.762 \text{ m/s} \quad (18)$$

$$a_u = A\omega^2 \sin(\omega t - kx) = 10.43 \text{ m/s}^2 \quad (19)$$