

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2014/2015

Srednje škole – 1. grupa

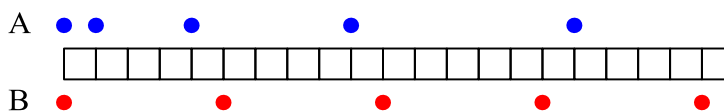
Zadatak 1 (9 bodova)

Pero ide u školu biciklom te od kuće do škole vozi srednjom brzinom 12 km/h. Nakon nastave Pero se biciklom vraća kući. Kad je došao kući, Pero je izračunao da je ukupan put kuća-škola-kuća vozio srednjom brzinom 15 km/h. Izračunajte kolikom je srednjom brzinom Pero vozio iz škole kući.

Zadatak 2 (10 bodova)

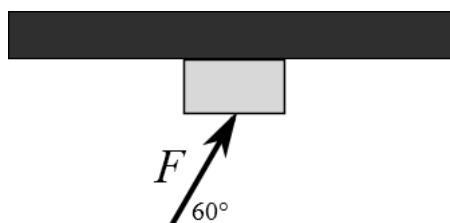
Dvije kuglice A i B gibaju se po pravcu na horizontalnoj podlozi bez trenja s lijeva na desno. U početnom trenutku ($t = 0$) obje kuglice miruju i nalaze se na lijevom kraju. Nakon svake sekunde gibanja zabilježeni su položaji kuglica i oni su prikazani na slici. Kvadratić na slici ima duljinu 10 cm.

- Koliko su kuglice međusobno udaljene nakon 8 s gibanja?
- Nakon koliko vremena od početka gibanja su se kuglice mimoišle i koliki su put do tada prešle?



Zadatak 3 (10 bodova)

Kvadar mase 2 kg guramo uz strop stalnom brzinom. Na kvadar djelujemo silom $F = 120$ N, a kut između sile i horizontale je 60° . Izračunajte koeficijent trenja između kvadra i stropa.



Zadatak 4 (10 bodova)

Dvije kruške vise na granama različitih visina. U određenom trenutku kruška sa više grane počne padati. U trenutku prolaska prve kruške pored grane, na kojoj visi druga kruška, i druga kruška počne padati. Vrijeme pada druge kruške dva puta je dulje od vremena u kojem su obje kruške zajedno padale. Odredite omjer visina grana sa kojih su kruške pale na tlo.

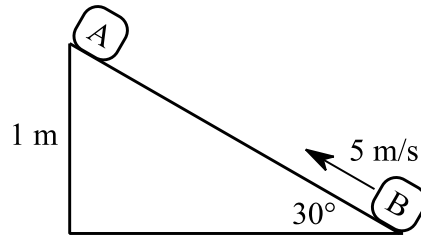
Zadatak 5 (11 bodova)

Dva tijela jednakih masa u početnom trenutku nalaze se u položaju prikazanom na slici. Jedno tijelo pušteno je iz mirovanja s vrha kosine visine 1 m, a drugo je gurnuto uz kosinu iz njezinog podnožja brzinom 5 m/s.

a) Izračunajte na kojoj udaljenosti od podnožja kosine će se tijela sudariti.

b) Nakon sudara tijela se nastavljaju gibati zajedno (sudar je plastičan). Izračunajte iznos i smjer brzine tijela neposredno nakon sudara.

Trenje između tijela i kosine je zanemarivo. Dimenzije tijela su mnogo manje u odnosu na dimenzije kosine. Uzmite da je $g = 10 \text{ m/s}^2$.



OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2014/2015

Srednje škole – 1. grupa Rješenja i smjernice za bodovanje

Zadatak 1 (9 bodova)

Označimo s v_1 srednju brzinu na putu kuća-škola, s v_2 srednju brzinu na putu škola-kuća i s v ukupnu srednju brzinu. Tada je:

$$v_1 = \frac{s}{t_1}, v_2 = \frac{s}{t_2}, v = \frac{2s}{t_1 + t_2} \quad (3 \text{ boda})$$

Iz prve dvije jednačbe izrazimo t_1 i t_2 i uvrstimo u treću:

$$t_1 = \frac{s}{v_1}, t_2 = \frac{s}{v_2}$$

$$v = \frac{2s}{\frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2}} = \frac{2}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} \Rightarrow v(v_1 + v_2) = 2v_1v_2 \Rightarrow v_2(2v_1 - v) = vv_1 \Rightarrow v_2 = \frac{vv_1}{2v_1 - v}$$

(5 bodova)

Uvrštavanjem brojeva dobije se: $v_2 = \frac{(15 \text{ km/h})(12 \text{ km/h})}{(24 \text{ km/h}) - (15 \text{ km/h})} = 20 \text{ km/h}$ (1 bod)

Zadatak 2 (10 bodova)

Sa slike se može vidjeti da za kuglicu A vrijedi: $s(1 \text{ s}) = 10 \text{ cm}$, $s(2 \text{ s}) = 40 \text{ cm}$, $s(3 \text{ s}) = 90 \text{ cm}$, $s(4 \text{ s}) = 160 \text{ cm}$, iz čega se može zaključiti da se kuglica giba jednoliko ubrzano po pravcu ubrzanjem $a_A = 0.2 \text{ m/s}^2$. (2 boda)

Za kuglicu B vrijedi: $s(1 \text{ s}) = 50 \text{ cm}$, $s(2 \text{ s}) = 100 \text{ cm}$, $s(3 \text{ s}) = 150 \text{ cm}$, $s(4 \text{ s}) = 200 \text{ cm}$, iz čega se može zaključiti da se kuglica giba jednoliko po pravcu brzinom $v_B = 0.5 \text{ m/s}$. (2 boda)

Nakon 8 s gibanja udaljenost kuglica je:

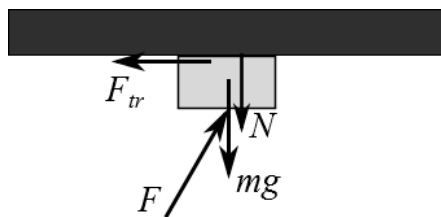
$$\Delta s = s_A - s_B = \frac{1}{2} a_A t^2 - v_B t = \frac{1}{2} (0.2 \text{ m/s}^2) (8 \text{ s})^2 - (0.5 \text{ m/s}) (8 \text{ s}) = 2.4 \text{ m} \quad (3 \text{ boda})$$

Kuglice se mimoilaze u trenutku:

$$s_A = s_B \Rightarrow \frac{1}{2} a_A t^2 = v_B t \Rightarrow t = \frac{2v_B}{a_A} = 5 \text{ s} \quad (2 \text{ boda})$$

Do trenutka mimoilaženje kuglice su prešle put $s_A = s_B = v_B t = (0.5 \text{ m/s}) (5 \text{ s}) = 2.5 \text{ m}$ (1 bod)

Zadatak 3 (10 bodova)



Na kvadar djeluju sile kao što je prikazano na slici. U vertikalnom smjeru zbroj sila jednak je nuli:

$$F_{\perp} - mg - N = 0 \quad (2 \text{ boda})$$

U horizontalnom smjeru zbroj sila je također jednak nuli jer se kvadar giba stalnom brzinom:

$$F_{\parallel} - F_{tr} = 0 \quad (2 \text{ boda})$$

Vrijedi: $F_{\perp} = \frac{\sqrt{3}}{2} F$, $F_{\parallel} = \frac{1}{2} F$, $F_{tr} = \mu N$ (2 boda)

Iz prve jednadžbe izrazimo $N = \frac{\sqrt{3}}{2} F - mg$ i uvrstimo u drugu:

$$F_{tr} = \frac{1}{2} F \Rightarrow \mu \left(\frac{\sqrt{3}}{2} F - mg \right) = \frac{1}{2} F \Rightarrow \mu = \frac{1}{\sqrt{3} - \frac{2mg}{F}} = \frac{1}{\sqrt{3} - \frac{2 \cdot 2 \cdot 9.81}{120}} = 0.712 \quad (4 \text{ boda})$$

Zadatak 4 (10 bodova)

Označimo s H visinu s koje pada prva kruška i s T vrijeme pada prve kruške te s h visinu s koje pada druga kruška i s t vrijeme pada druge kruške. Tada vrijedi:

$$H = \frac{1}{2} gT^2, \quad h = \frac{1}{2} gt^2 \quad (2 \text{ boda})$$

Vrijeme pada prve kruške je zbroj vremena padanja do druge kruške t_1 i vremena padanja od druge kruške do tla t_2 . Vrijedi $t_2 = \frac{1}{2}t$ (2 bod)

$$H = \frac{1}{2} gt_1^2 + \frac{1}{2} gt^2 = \frac{1}{2} g(t_1 + t_2)^2 \quad (2 \text{ boda})$$

$$t_1^2 + t^2 = t_1^2 + 2t_1t_2 + t_2^2$$

$$t^2 = 2t_1 \frac{1}{2}t + \frac{1}{4}t^2 \Rightarrow \frac{3}{4}t^2 - t_1t = 0 \Rightarrow t \left(\frac{3}{4}t - t_1 \right) = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{3}{4}t \quad (2 \text{ boda})$$

$$T = t_1 + t_2 = \frac{3}{4}t + \frac{1}{2}t = \frac{5}{4}t \quad (1 \text{ bod})$$

$$\text{Omjer visina grana je: } \frac{H}{h} = \left(\frac{T}{t} \right)^2 = \left(\frac{5}{4} \right)^2 = \frac{25}{16} \quad (1 \text{ bod})$$

Zadatak 5 (11 bodova)

Ovisnost prijednog puta tijela A i B o vremenu dana je izrazima:

$$s_A = \frac{1}{2} at^2, \quad s_B = v_0t - \frac{1}{2} at^2 \quad (2 \text{ boda})$$

Iz 2. Newtonovog zakona slijedi da je ubrzanje tijela na kosini jednako:

$$ma = \frac{1}{2} mg \Rightarrow a = \frac{1}{2} g = 5 \text{ m/s}^2 \quad (2 \text{ boda})$$

Duljina kosine je $l = 2$ m. Tijela će se sudariti u trenutku:

$$s_A + s_B = l \Rightarrow \frac{1}{2} at_{sudar}^2 + v_0t_{sudar} - \frac{1}{2} at_{sudar}^2 = l \Rightarrow t_{sudar} = \frac{l}{v_0} = \frac{2 \text{ m}}{5 \text{ m/s}} = 0.4 \text{ s} \quad (1 \text{ bod})$$

i na udaljenosti od podnožja kosine $s_B = v_0t_{sudar} - \frac{1}{2} at_{sudar}^2 = 1.6 \text{ m}$ (1 bod)

Brzina tijela nakon sudara određena je zakonom očuvanja količine gibanja:

$$mv_A - mv_B = 2mv \Rightarrow v = \frac{v_A - v_B}{2} \quad (2 \text{ boda})$$

Brzine neposredno prije sudara jednake su:

$$v_A = at_{sudar} = 2 \text{ m/s} \text{ niz kosinu, } v_B = v_0 - at_{sudar} = 3 \text{ m/s} \text{ uz kosinu} \quad (1 \text{ bod})$$

Uvrštavanjem se dobije $v = -0.5 \text{ m/s}$ (negativan predznak označava da je smjer gibanja tijela uz kosinu). (2 boda)

Srednje škole – 2. skupina

1. zadatak (10 bodova)

U bakrenom kalorimetru mase 500 g nalazi se 200 g vode temperature 20°C . Koliku bi masu leda temperature -5°C trebalo dodati da bi konačna temperatura bila 10°C . Specifični toplinski kapacitet vode je $4190 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, leda $2093 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, bakra $390 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, a latentna toplina taljenja leda je $3.35 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$.

2. zadatak (9 bodova)

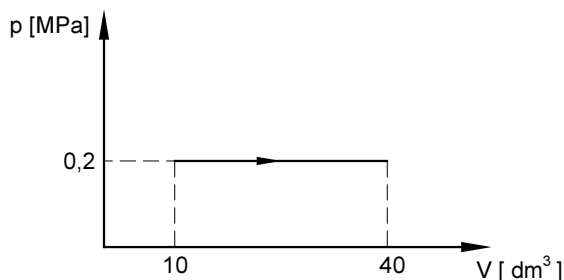
Jezero je tijekom zime pokriveno slojem leda debljine 0.5 m. Koliki je tlak na dubini 2.5 m u jezeru (u 2.5 m se ne ubraja sloj leda)? Gustoća leda je 920 kg/m^3 , a vode 1000 kg/m^3 . Atmosferski tlak je 10^5 Pa .

3. zadatak (11 bodova)

U posudi s pokretnim klipom nalazi se idealni plin. Početni volumen plina je 10 dm^3 . Ekspanzija plina do konačnog volumena 40 dm^3 prikazana je p-V grafom.

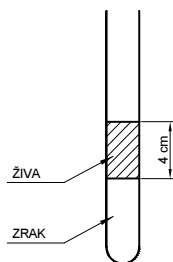
- Izračunajte koliki je rad obavio plin pri ekspanziji
- Kolika je količina topline dovedena plinu tijekom širenja?
- Za koliko se promijenila unutarnja energija plina?

Plinska konstanta je 8.314 J/(kgK) . Specifični toplinski kapacitet plina pri stalnom tlaku je $c_p = 1040 \text{ J/(kgK)}$, a njegova molarna masa 28 g/mol .



4. zadatak (10 bodova)

Staklena cijev s jednim otvorenim krajem postavljena je vertikalno kao na slici. Visina stupca žive je 4 cm. Ispod žive je zrak volumena 6 cm^3 . Površina presjeka cijevi je 0.1 cm^2 . Atmosferski tlak je 10^5 Pa . Gustoća žive je 13600 kg/m^3 . Koliki će biti volumen zraka u cijevi ispod žive kada se u cijev doda 26 g žive? Pretpostavite da je zrak idealni plin.



5. zadatak (10 bodova)

Dvije kuglice pozitivno su nabijene. Naboji kuglica su Q_1 i Q_2 . Kuglice početno postavimo na udaljenost r . Zatim ih približimo dok se ne dotaknu te vratimo u početni položaj.

- Koliki je omjer sila kojom kuglice međudjeluju na udaljenosti r prije i nakon doticanja?
- Odredite koliki treba biti naboj treće kuglice i gdje je treba staviti da bi ukupna sila na sve tri kuglice (nakon doticanja dviju kuglica i vraćanja na početni položaj) bila nula

Kuglice su identične, cijelo vrijeme nalaze se u zraku i imaju zanemarive dimenzije.

Srednje škole – 2. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

Upute za bodovanje: Ovdje je prikazan jedan način rješavanja zadataka. Ako učenici riješe zadatak drugačijim, a fizikalno ispravnim načinom, treba im dati puni broj bodova predviđen za taj zadatak. Ako učenici ne napišu posebno svaki ovdje predviđeni korak, a vidljivo je da su ga napravili, treba im dati bodove kao da su ga napisali.

1. zadatak (10 bodova)

$m_{Cu} = 0.5 \text{ kg}$, $m_{H_2O} = 0.2 \text{ kg}$, $t_1 = 20^\circ\text{C}$, $t_2 = -5^\circ\text{C}$, $t = 10^\circ\text{C}$, $\lambda = 3.35 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$, $c_{H_2O} = 4190 \text{ J/(kg K)}$, $c_{Led} = 2093 \text{ J/(kg K)}$, $c_{Cu} = 390 \text{ J/(kg K)}$

Hlađenje kalorimetra: $Q_{Cu} = m_{Cu}c_{Cu}(t_1 - t) = 1950 \text{ J}$ (1 bod)

Hlađenje vode: $Q_{H_2O} = m_{H_2O}c_{H_2O}(t_1 - t) = 8380 \text{ J}$ (1 bod)

Taljenje leda i zagrijavanje nastale vode:

$$Q_{Led} = m_{Led}c_{led}(0 - t_2) + m_{Led}\lambda + m_{Led}c_{voda}(t - 0) \quad (2 \text{ boda})$$

Predana toplina jednaka je primljenoj:

$$Q_{Cu} + Q_{H_2O} = Q_{Led} \quad (2 \text{ boda})$$

Tražena masa leda: $m_{Led} = \frac{Q_{Cu} + Q_{H_2O}}{\lambda - c_{Led}t_2 + c_{H_2O}t}$ (2 boda)

$$m_{Led} = 0.0267 \text{ kg} \quad (2 \text{ bod})$$

2. zadatak (9 bodova)

$H_{led} = 0.5 \text{ m}$, $h_{voda} = 2.5 \text{ m}$, $\rho_{voda} = 1000 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{led} = 920 \text{ kg/m}^3$, $g = 10 \text{ m/s}^2$

$$p_{voda} = h_{voda}g\rho_{voda} = 25000 \text{ Pa} \quad (2 \text{ boda})$$

$$p_{led} = \frac{G_{led}}{S} = \frac{V_{led}\rho_{led}g}{S} = \frac{h_{led}S\rho_{led}g}{S} = h_{led}\rho_{led}g = 4600 \text{ Pa} \quad (2 \text{ boda})$$

Ukupni tlak: $p = p_{voda} + p_{led} + p_{at}$ (2 boda)

$$p = 129600 \text{ Pa} \quad (3 \text{ boda})$$

3. zadatak (11 bodova)

$V_1 = 10 \text{ dm}^3$, $V_2 = 40 \text{ dm}^3$, $p = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $M = 28 \text{ g/mol}$, $c_p = 1040 \text{ J/(kgK)}$

a) Rad plina: $W = p\Delta V = p(V_2 - V_1) = 6 \text{ kJ}$ (2 boda)

b) Toplina: $Q = mC_p\Delta T = nMC_p\Delta T$ (1 bod)

$$n = \frac{pV_1}{RT_1} \quad (\text{ili } n = \frac{pV_2}{RT_2}) \quad (1 \text{ bod})$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (1 \text{ bod})$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = T_1\left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right) \quad (1 \text{ bod})$$

Za toplinu se dobiva: $Q = \frac{pV_1}{RT_1} MC_p T_1 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right) = \frac{pV_1}{R} MC_p \left(\frac{V_2}{V_1} - 1\right) = \frac{p}{R} MC_p (V_2 - V_1)$ (2 boda)

$$Q = 21015.16 \text{ J} \quad (1 \text{ bod})$$

c) Prema prvom zakonu termodinamike:

$$Q = W + \Delta U \quad (1 \text{ bod})$$

$$\Delta U = 15015.16 \text{ J} \quad (1 \text{ bod})$$

4. zadatak (10 bodova)

$h = 0.04 \text{ m}$, $V = 6 \text{ cm}^3$, $S = 0.1 \text{ cm}^2$, $p_{at} = 10^5 \text{ Pa}$, $\rho = 13600 \text{ kg/m}^3$, $m' = 26 \text{ g}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$

Prije dodavanja žive: $p = \frac{mg}{S} + p_{at}$ (2 boda)

Masa žive je $m = V_{živa}\rho = Sh\rho = 0.00544\text{kg}$ (1 bod)

pa je tlak zraka ispod žive: $p = 105440 \text{ Pa}$

Nakon dodavanja žive tlak plina se poveća: $p' = \frac{(m+m')g}{S} + p_{at} = 131440 \text{ Pa}$ (2 boda)

Promjena stanja plina je izotermna: $pV = p'V'$ (2 boda)

pa je $V' = \frac{(h\rho g + p_{at})V}{\frac{Sh\rho + m'}{S}g + p_{at}} = 0.00000481\text{m}^3 = 4.81 \text{ cm}^3$ (2+1 bod)

5. zadatak (10 bodova)

a) Nakon doticanja naboj svake kuglice će biti:

$$\frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad (2 \text{ boda})$$

Omjer sila prije i nakon doticanja:

$$\frac{k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}}{k \frac{(Q_1 + Q_2)^2}{4r^2}} = \frac{4Q_1 Q_2}{(Q_1 + Q_2)^2} \quad (2 \text{ boda})$$

b) Treća kuglica mora biti negativna (1 bod)

i postaviti se na udaljenosti $r/2$ od svake kuglice (1 bod)

Iznos naboja treće kuglice dobije se izjednačavanjem iznosa sila na jednu od kuglica. Npr. za prvu

kuglicu vrijedi: $F_{Q_0Q_1} = F_{Q_2Q_1}$ (1 bod)

$$k \frac{Q(\frac{Q_1 + Q_2}{2})}{(r/2)^2} = k \frac{(\frac{Q_1 + Q_2}{2})^2}{r^2} \quad (1 \text{ bod})$$

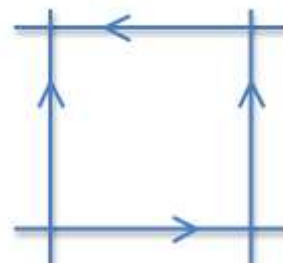
$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{8} \quad (2 \text{ boda})$$

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2014/2015

Srednje škole – 3. grupa

1. zadatak (12 bodova)

Četiri beskonačne žice, svaka od kojih nosi struju I , leže u ravnini i tvore kvadrat stranice $2a$ kao na slici. Odredite jakost magnetskog polja u točki koja se nalazi na visini a na osi koja je okomita na ravninu kvadrata, a prolazi kroz sjecište njegovih dijagonala.



2. zadatak (8 bodova)

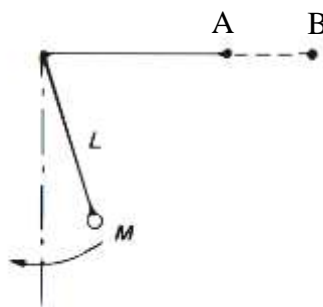
Proton i elektron, masa m_p i m_e , ulijeću zajedno u ishodište koordinatnog sustava, svaki brzinom v_0 u smjeru osi y . U području $y > 0$ djeluje magnetsko polje stalnog iznosa B , okomito na x - y ravninu i usmjereno prema gore. Na kojim su koordinatama proton, odnosno elektron kad izađu iz područja u kojem postoji magnetsko polje?

3. zadatak (10 bodova)

Od nerastezljive žice duljine L načinjen je kvadratični okvir i postavljen u magnetsko polje iznosa B , tako da linije polja prolaze okomito kroz ravninu okvira. Okvir je postavljen horizontalno, a linije polja su usmjerene prema gore. Tijekom vremenskog intervala t , okvir promijeni oblik iz kvadratičnog u kružni. Koliki je inducirana elektromotorna sila u okviru? U kojem smjeru u okviru teče struja?

4. zadatak (11 bodova)

Matematičko njihalo načinjeno je od niti koja je prebačena preko kolotura, kao na slici i kuglice mase $M=0.1\text{kg}$. Kad je nit učvršćena u točki A , duljina njihala L iznosi 1.1m , a maksimalni otklon niti od vertikale iznosi 5° . Pomakom kraja niti od A do B njihalo se skрати za 10cm , a rad koji se izvrši povlačenjem, iznosom jednak 0.1J , spremljen je u energiju titranja njihala. Koliki su novi period i maksimalni otklon niti od vertikale? Uzmite $g=10\text{m/s}^2$.



5. zadatak (9 bodova)

U LC krug serijski su spojeni kapacitor kapaciteta C i zavojnica kojoj se induktivitet može mijenjati od L_1 do L_2 . Pretpostavite da je minimalna frekvencija kruga jednaka ω_m , a maksimalna ω_M . Kolika je frekvencija kruga kad se zavojnica namjesti tako da joj vrijednost bude a.) aritmetička sredina L_1 i L_2 , i b.) geometrijska sredina L_1 i L_2 ? Odgovore izrazite pomoću ω_m i ω_M .

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2014/2015

Srednje škole – 3. grupa Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (12 bodova)

Jakost magnetskog polja u nekoj točki u prostoru ovisi samo o udaljenosti od pojedine žice i dana je izrazom $B = \mu_0 I / (2d\pi)$, dok je smjer određen pravilom desne ruke. (2 boda). Lako se vidi da je svaka točka na osi iz zadatka na jednakoj udaljenosti od sve 4 žice (1 bod). Prema pravilu desne ruke, doprinosi u točki na toj osi od lijeve i desne žice će se poništavati jer imaju iste iznose i suprotne smjerove (2 boda). Preostaje izvrjedniti doprinose od gornje i donje žice.

Udaljenost točke na osi iz zadatka, na visini a , od pojedine žice pronade se iz pravokutnog trokuta i iznosi $d = \sqrt{a^2 + a^2} = a\sqrt{2}$. (2 boda). Nadalje, pravilom desne ruke vidi se da magnetsko polje od gornje i od donje žice zatvaraju kut od 45° sa osi iz zadatka (2 boda). Vertikalne komponente polja od gornje i donje žice se zbrajaju, dok se horizontalne komponente polja poništavaju. (1 bod). Stoga, ukupna jakost polja u točki na visini a jest $B = 2 * \cos(45) * \mu_0 I / (2a\sqrt{2}\pi) = \mu_0 I / (2a\pi)$ (2 boda).

2. zadatak (8 bodova)

Na proton i elektron djeluje Lorentzova sila iznosa qv_0B . (1 bod). Smjer sile odredimo pravilom desne ruke: za proton ona je u početnom trenutku usmjerena u smjeru pozitivne osi x , a elektron u smjeru negativne osi x (2 boda). Za obje čestice Lorentzova sila predstavlja centripetalnu silu, pa možemo pisati $F_{cp} = F_L$ (1 bod). Izjednačavanjem izraza za ove sile slijedi $mv_0^2/r = qv_0B$, iz čega slijedi polumjer zakrivljenosti putanje jednak $r = mv/(qB)$ (1 bod). Proton ima naboj e , dok elektron ima naboj $-e$. Nakon što opišu pola kružnice, čestice će izaći iz magnetskog polja (1 bod). Koordinate izlaska za proton su $(2m_p v_0 / eB, 0)$, a za elektron $(-2m_e v_0 / eB, 0)$ (2 boda).

3. zadatak (10 bodova)

Kvadratični okvir ima stranicu duljine $L/4$, a površinu $L^2/16$. (1 bod). Kako je nit nerastezljiva, promjenom oblika u krug, duljina žice ostaje očuvana (1 bod). Dakle, opseg kružnice iznosi L , pa je njen polumjer $r = L/2\pi$ (1 bod), a površina $P = r^2\pi = L^2/(4\pi)$ (1 bod). Usporedbom ispada da je površina kružnice veća od površine kvadrata, tj. površina okvira se povećala (2 boda). Prema Faradayevu zakonu, iznos inducirane elektromotorne sile je

$$V = \left| \frac{\Delta S * B}{t} \right| = \frac{BL^2}{t} \left(\frac{4-\pi}{16\pi} \right) \quad (2 \text{ boda})$$

Smjer inducirane struje odredi se pomoću Lenzovog pravila. Kako je tok prema gore porastao, inducirana struja ima smjer koji stvara magnetsko polje prema dolje, tj. giba se u smjeru kazaljke na satu (2 boda).

4. zadatak (11 bodova)

Kad se nit pomakne od A do B, duljina njihala skрати se s 1.1m na 1m (1 bod). Period njihala ovisi samo o njegovoj duljini (1 bod) i u ovom slučaju iznosi

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{1}{10}} = 2s \text{ (2 boda) - priznaje se i nezaokruženo rješenje, npr. 1.99s.}$$

Pomakom niti od A do B vrši se rad iznosa 0.1J koji se sprema u energiju titranja njihala. Prije skraćivanja, maksimalna potencijalna energija njihala bila je jednaka $E = mgh = mgl(1 - \cos 5^\circ)$. (2 boda). Nakon skraćivanja, ta energija jednaka je $E = mg(l - \Delta l)(1 - \cos x) = mgl(1 - \cos 5^\circ) + 0.1J$ (2 boda). Iz ove jednakosti, uvrštavanjem vrijednosti za duljinu niti, konstantu gravitacije i masu njihala, slijedi da je novi kut odklona 26.39° (3 boda).

5. zadatak (9 bodova)

Kad je induktivitet zavojnice najmanji (iznosa L_1), kružna frekvencija kruga iznosi $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C}}$, a kad je najveći iznosi $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C}}$. (1 bod). Kako je korijen rastuća funkcija, $1/\text{korijen}$ je padajuća, pa je očigledno frekvencija najveća kad je induktivitet najmanji i obratno, tj. ω_m jednak je ω_2 , a ω_M jednak je ω_1 . (2 boda).

a.) Namjestimo zavojnicu tako da joj je vrijednost induktiviteta jednaka aritmetičkoj sredini L_1 i L_2 , tj. jednaka $(L_1 + L_2)/2$ (1 bod). Tad je rezonantna frekvencija kruga, izražena pomoću varijabli u zadatku, jednaka:

$$\omega_A = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{(L_1 + L_2)C}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\frac{1}{\omega_M^2} + \frac{1}{\omega_m^2}}} = \frac{\omega_M \omega_m \sqrt{2}}{\sqrt{\omega_M^2 + \omega_m^2}} \quad (2 \text{ boda})$$

b.) Namjestimo zavojnicu tako da joj je vrijednost induktiviteta jednaka geometrijskoj sredini L_1 i L_2 , tj. jednaka $\sqrt{L_1 L_2}$ (1 bod). Tad je rezonantna frekvencija kruga, izražena pomoću varijabli u zadatku, jednaka:

$$\omega_B = \frac{1}{\sqrt{\sqrt{L_1 L_2} C}} = \frac{1}{\sqrt{\sqrt{L_1 C} \sqrt{L_2 C}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\omega_M \omega_m}}} = \sqrt{\omega_M \omega_m} \quad (2 \text{ boda})$$

1. zadatak (12 bodova)

Jakost magnetskog polja u nekoj točki u prostoru ovisi samo o udaljenosti od pojedine žice i dana je izrazom $B = \mu_0 I / (2d\pi)$, dok je smjer određen pravilom desne ruke. **(2 boda)**. Lako se vidi da je svaka točka na osi iz zadatka na jednakoj udaljenosti od sve 4 žice **(1 bod)**.

Udaljenost točke na osi iz zadatka, na visini a , od pojedine žice pronade se iz pravokutnog trokuta i iznosi $d = \sqrt{a^2 + a^2} = a\sqrt{2}$. **(2 boda)**. Nadalje, pravilom desne ruke vidi se da magnetsko polje od sve 4 žice zatvaraju kut od 45° sa osi iz zadatka **(1 bod)**. Prema pravilu desne ruke odrede se smjerovi polja pojedine žice. Na slici je primjer za polja žica indeksiranih s 1 i 3. **(2 boda za sve žice, po pola boda za smjer polja od pojedine žice, bilo u obliku skice ili riječima)**. Vertikalne komponente polja od gornje i donje žice se zbrajaju, dok se horizontalne komponente polja poništavaju. **(1 bod)**. Analogno, od lijeve i desne žice se horizontalne komponente zbrajaju, dok se vertikalne poništavaju. **(1 bod)**.

Ukupna jakost polja pojedinog para nasuprotnih žica u točki na visini a jest $B_{par} = 2 * \cos(45) * \mu_0 I / (2a\sqrt{2}\pi) = \mu_0 I / (2a\pi)$ **(1 boda)**. Konačno, jedno od tih polja je horizontalno, drugo vertikalno i potrebno ih je vektorski zbrojiti. Iznos vektorskog zbroja može se lako odrediti ako se, npr., uoči da se radi o dijagonali kvadrata stranice $\mu_0 I / (2a\pi)$ i iznosi $B = \mu_0 I / (\sqrt{2}a\pi)$ **(1 bod)**.

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 28.01.2015.

Srednje škole - 4. grupa

Zadatak 1 (10 bodova)

Kolikom brzinom mora putovati tvoj svemirski brod ako želiš za 20 godina stići do zvijezde udaljene 100 svjetlosnih godina? Koliko puta je prilikom tog putovanja ukupna energija broda veća od njegove energije mirovanja?

Zadatak 2 (10 bodova)

U pravokutnom kutu prostorije staviš na zidove dva ravna zrcala tako da se dodiruju pod pravim kutom. Koliko slika vidiš stojeći ispred takvog složenog dvodjelnog zrcala? Što vidiš kad podigneš desnu ruku? Skiciraj i obrazloži! Što se dogodi ukoliko se kut među zrcalima malo promijeni od pravog?

Zadatak 3 (10 bodova)

Kolika je veličina slike Sunca koju stvara konvergentna leća žarišne daljine 20cm ako kutni promjer Sunca vidljiv sa Zemlje iznosi 32 kutne minute?

Zadatak 4 (10 bodova)

Kroz tkaninu otvorenog kišobrana promatraš jednu uličnu svjetiljku čija je svjetlost valne duljine 600nm. Osim direktne svijetle točke koju vidiš točno u pravcu svjetiljke, još su 4 točke velikog intenziteta (lijevo, desno, gore i dolje od središnje). Pretpostavi da je tkanina okomita na dolaznu svjetlost. Debljina niti je $28\mu\text{m}$, a razmak među njima je $6\mu\text{m}$. Pod kojim kutom s obzirom na središnji maksimum se javljaju 4 spomenute svijetle točke?

Zadatak 5 (10 bodova)

Ultraljubičastom svjetlošću valne duljine 200nm obasja se volframova pločica i iz nje izlijeću elektroni koje se može zaustaviti naponom od 1,7V. Koliki je izlazni rad za taj materijal?

$$e=1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}, c=3 \cdot 10^8\text{m/s}, h=6,626 \cdot 10^{-34}\text{Js}, m_e=9,11 \cdot 10^{-31}\text{kg}.$$

Zadatak 1 (10 bodova)

Zbog relativnog gibanja putnik vidi skraćeni put $d' = d\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ (2b)

Taj put će prijeći u vlastitom vremenu t pa je $d' = v \cdot t$. (1b)

Udaljenosti su $d = 100$ svj.god. = $100 \text{ god.} \cdot c$ i $d' = v \cdot 20 \text{ god.}$ (1b)

Uvrštavanjem u prvu jednadžbu dobije se $\frac{v}{5c} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ čije je rješenje $v = (25/26)^{1/2} c = 0,9806c$. (2b)

Jednako rješenje dobije se polazeći od dilatacije vremena.

Energija broda pritom je $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, dok je energija mirovanja $E_0 = mc^2$, (2b)

pa je njihov omjer $\frac{E}{E_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{5c}{v} = \sqrt{26} = 5,1$. (2b)

Zadatak 2 (10 bodova)

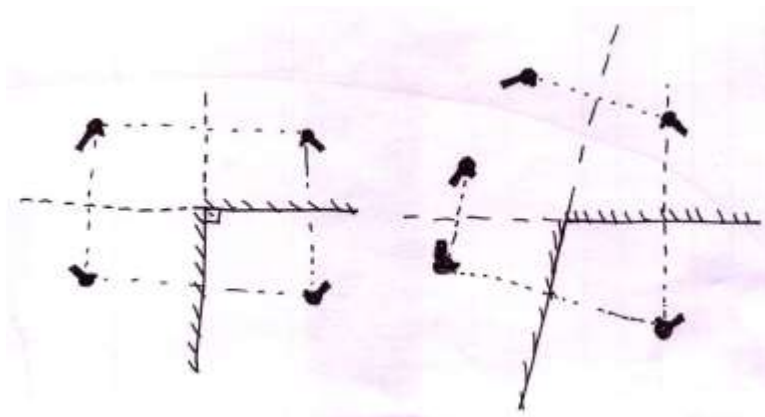
Zraka se od zrcala odbija pod kutom pod kojim i upada, što rezultira time da se virtualna slika u zrcalu dobije simetrično s druge strane zrcala. Ona je jednaka predmetu, samo što je na slici zamijenjena lijeva i desna strana s obzirom na predmet. (2b)

Zrcaljenjem na jednom zrcalu dobije se slika koja je podigla lijevu ruku. Zrcaljenjem na drugom zrcalu i druga je slika podigla lijevu ruku. Kako postoje dva zrcala, i svaka slika se još može zrcaliti na drugom/preostalom zrcalu, pa nastaje dodatna slika od lijeve slike, i ona drži podignutu desnu ruku.

Druga desna slika poklapa se s prvom desnom slikom, tako da ih se ne razlikuje. Stoga postoji tri slike, dvije su lijeve i jedna desna. (2b)

Ukoliko se kut među zrcalima malo razlikuje od pravog, onda se dvije desne slike neće poklopiti jer različit redoslijed zrcaljenja daje različitu konačnu sliku, pa će pored dvije lijeve slike postojati i dvije desne (one su udaljenije jedne od druge što kut više odstupa od pravog). (2b)

Slike:



(4b)

Zadatak 3 (10 bodova)

Jednadžba konvergentne leće glasi $\frac{1}{x} + \frac{1}{x'} = \frac{1}{f}$. (1b)

Omjer veličina slike i predmeta jednak je omjeru njihovih udaljenosti od leće $\frac{y'}{y} = -\frac{x'}{x}$. (2b)

Zbog $x \gg f$ je $x' = f = 20\text{cm}$. (2b)

Zadana je kutna veličina Sunca $\frac{y}{x} = 32' = 0,00931\text{rad}$. (2b)

Veličina slike je $|y'| = x' \cdot \frac{y}{x} = 20\text{cm} \cdot 0,00931 = 1,86\text{mm}$. (2b)

Skica nastanka slike na leći donosi (1b).

Zadatak 4 (10 bodova)

Pri prolasku svjetlosti kroz jednoliko razmaknute niti dolazi do difrakcije. Prvi maksimum javlja se pod kutom gledanja θ u pravcu odmaknutom od središnjeg maksimuma. (2b)

U jednadžbi $d \sin \theta = \lambda$, d je stopa ponavljanja u optičkoj rešetki, odnosno udaljenost među središtima procjepa, tj. $d = 28\mu\text{m} + 6\mu\text{m} = 34\mu\text{m}$. (4b)

Iz $\sin \theta = \lambda/d$ dobije se $\theta = 1,01^\circ$. (4b)

Zadatak 5 (10 bodova)

Einsteinova jednadžba fotoelektričnog učinka $E_f = K + W_{\text{izl}}$. (2b)

Energija fotona valne duljine $\lambda = 200\text{nm}$ iznosi $E_f = hc/\lambda = 9,94 \cdot 10^{-19}\text{J} = 6,21\text{eV}$. (2b)

Zaustavni napon od $1,7\text{V}$ zaustavlja elektrone kinetičke energije $K = 1,7\text{eV} = 2,72 \cdot 10^{-19}\text{J}$. (3b)

Stoga je izlazni rad $W_{\text{izl}} = 4,51\text{eV} = 7,22 \cdot 10^{-19}\text{J}$. (3b)