

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

Srednje škole – 1. grupa

Zadatak 1 (10 bodova)

Automobil se giba stalnom brzinom od 72 km/h i prolazi pored policajca. U trenutku kada je automobil prošao pored policajca, policajac polazi na svom motociklu za automobilom stalnim ubrzanjem od 4 m/s^2 .

- Nakon koliko vremena će policajac sustići automobil?
- Koliki će put prijeći u tom vremenu?
- Kolika je brzina policajca kada sustigne automobil?
- Prikažite gibanje automobila i policajca na $v-t$ i $s-t$ dijagramu.

Zadatak 2 (9 bodova)

Između dva grada, koja se nalaze na istoj rijeci, vozi parobrod. Putovanje između gradova uzvodno traje 9 h, a nizvodno 4 h. Udaljenost između gradova je 72 km. Pretpostavite da je brzina rijeke u odnosu na obalu stalna te da je brzina parobroda u odnosu na vodu također stalna.

- Kolika je brzina rijeke u odnosu na obalu?
- Kolika je brzina parobroda u odnosu na vodu?

Zadatak 3 (11 bodova)

S dna kosine nagiba 30° gurnuto je tijelo mase m uz kosinu početnom brzinom 4 m/s. Koeficijent trenja između tijela i podloge iznosi 0.1.

- Koliko je ubrzanje tijela?
- Na kojoj udaljenosti od dna kosine će se tijelo zaustaviti?

Zadatak 4 (10 bodova)

Ivica stoji na sredini zaleđenog jezera. Marica stoji na obali jezera i baci loptu mase 0.6 kg prema Ivici brzinom 12 m/s. Pretpostavite da je brzina lopte je u horizontalnom smjeru za cijelo vrijeme gibanja. Masa Ivice je 65 kg.

- Kolika je brzina lopte i Ivice, ako je Ivica uhvatio loptu?
- Kolika je brzina Ivice, ako je lopta pogodila Ivicu i odbila se od njega u suprotnom smjeru brzinom 8 m/s?

Skicirajte međusobne položaje i brzine lopte i Ivice u oba slučaja.

Zadatak 5 (10 bodova)

Prilikom svog leta pilot aviona obišao je kružnicu polumjera 2.7 km u okomitoj ravnini pri čemu se gibao stalnom brzinom 225 m/s. Masa pilota je 85 kg. Izračunajte kolika je sila stolice na pilota u:

- Najvišoj točki kružnice.
- Najnižoj točki kružnice.

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

Srednje škole – 1. grupa

Rješenja i smjernice za bodovanje

Zadatak 1 (10 bodova)

- a) U trenutku kada policajac sustigne automobil, obojica će prijeći jednaku udaljenost od početnog položaja:

$$s_A = v_A t \quad (1)$$

$$s_P = \frac{a}{2} t^2 \quad (1)$$

$$s_A = s_P \Rightarrow v_A t = \frac{a}{2} t^2 \Rightarrow t = \frac{2v_A}{a} = 10 \text{ s} \quad (2)$$

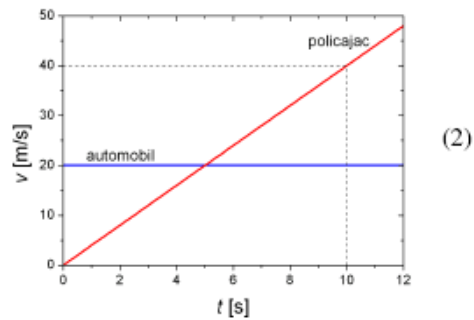
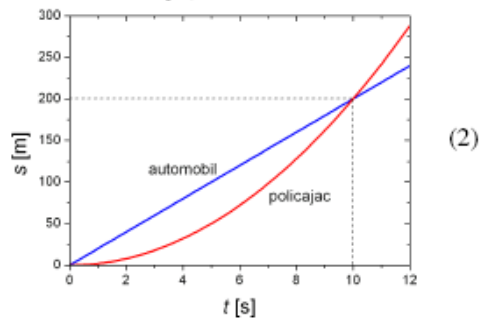
- b) Prijeđeni put je jednak:

$$s_P = s_A = v_A t = 200 \text{ m} \quad (1)$$

- c) Brzina policajca u trenutku kada sustigne automobil:

$$v_P = at = 40 \text{ m/s} \quad (1)$$

- d) s - t i v - t dijagram:



Zadatak 2 (9 bodova)

Kada parobrod putuje uzvodno, vrijedi jednačba:

$$(v_p - v_r) t_1 = d \quad (2)$$

A kada putuje nizvodno, vrijedi sljedeća jednačba:

$$(v_p + v_r) t_2 = d \quad (2)$$

Rješenje prethodnog sustava jednačbi je:

$$v_r = \frac{d}{2} \left(\frac{1}{t_2} - \frac{1}{t_1} \right)$$

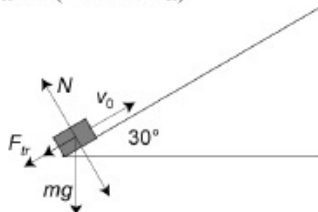
$$v_p = \frac{d}{2} \left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right) \quad (3)$$

a) $v_r = 5 \text{ km/h} \quad (1)$

b) $v_p = 13 \text{ km/h} \quad (1)$

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

Zadatak 3 (11 bodova)



(1)

Težinu tijela rastavimo na komponente pomoću sličnosti trokuta. Prema drugom Newtonovom zakonu vrijedi:

$$ma = -\frac{1}{2}mg - F_v \quad (2)$$

$$N = \frac{\sqrt{3}}{2}mg \quad (2)$$

U prvu jednadžbu se za silu trenja se uvrsti:

$$F_v = \mu N \quad (1)$$

Za ubrzanje tijela dobije se:

$$ma = -\frac{1}{2}mg - \mu \frac{\sqrt{3}}{2}mg \Rightarrow a = -\frac{1}{2}(1 + \mu\sqrt{3})g \quad (2)$$

$$a = -5.75 \text{ m/s}^2 \quad (g = 9.81 \text{ m/s}^2) \quad \text{ili} \quad a = -5.87 \text{ m/s}^2 \quad (g = 10 \text{ m/s}^2) \quad (1)$$

b) Prije nego se zaustavi tijelo će prijeći put:

$$s = \frac{v_0^2}{2a} \quad (1)$$

$$s = 1.39 \text{ m} \quad (g = 9.81 \text{ m/s}^2) \quad \text{ili} \quad s = 1.36 \text{ m} \quad (g = 10 \text{ m/s}^2) \quad (1)$$

Zadatak 4 (10 bodova)

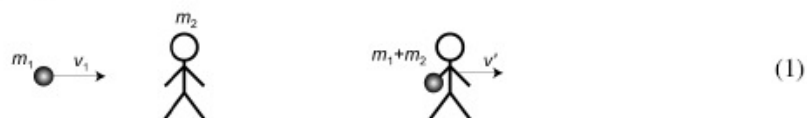
a) Ako Ivica uhvati loptu, zakon očuvanja količine gibanja glasi:

$$m_1v_1 = (m_1 + m_2)v' \quad (2)$$

Brzina Ivica i lopte je:

$$v' = \frac{m_1}{m_1 + m_2}v_1 = 0.11 \text{ m/s} \quad (2)$$

Skica:



(1)

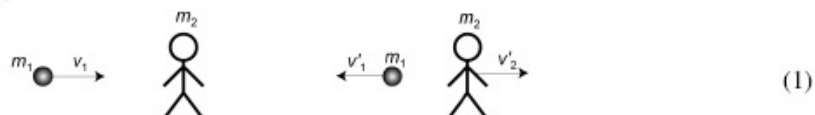
b) Ako se lopta odbije od Ivica, zakon očuvanja količine gibanja glasi:

$$m_1v_1 = -m_1v'_1 + m_2v'_2 \quad (2)$$

Brzina Ivica je jednaka:

$$v'_2 = \frac{m_1}{m_2}(v_1 + v'_1) = 0.185 \text{ m/s} \quad (2)$$

Skica:

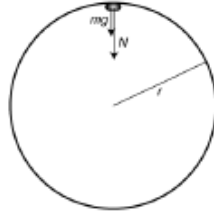


(1)

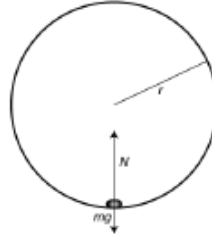
OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

Zadatak 5 (10 bodova)

Najviša točka kružnice:



Najniža točka kružnice:



(2)

a) Ukupna sila na pilota jednaka je centripetalnoj sili, a u najvišoj točki kružnice ona iznosi:

$$F_{cp} = \frac{mv^2}{r} = mg + N \quad (2)$$

Prema tome, sila stolice je jednaka:

$$N = \frac{mv^2}{r} - mg \quad (1)$$

$$N = 759.9 \text{ N} \quad (g = 9.81 \text{ m/s}^2) \quad \text{ili} \quad N = 743.75 \text{ N} \quad (g = 10 \text{ m/s}^2) \quad (1)$$

b) Ukupna sila na pilota također je jednaka centripetalnoj sili, a u najnižoj točki kružnice ona iznosi:

$$F_{cp} = \frac{mv^2}{r} = N - mg \quad (2)$$

Prema tome, sila stolice je jednaka:

$$N = \frac{mv^2}{r} + mg \quad (1)$$

$$N = 2427.6 \text{ N} \quad (g = 9.81 \text{ m/s}^2) \quad \text{ili} \quad N = 2443.75 \text{ N} \quad (g = 10 \text{ m/s}^2) \quad (1)$$

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.
Srednje škole – 2. grupa

1. zadatak (9 bodova)

Učionica ima oblika kvadra dimenzija $15\text{ m} \times 10\text{ m} \times 4\text{ m}$. Temperatura se u učionici u nekom trenutku povisi s $t_1 = 15\text{ }^\circ\text{C}$ na $t_2 = 25\text{ }^\circ\text{C}$ i pri tome se tlak zraka poveća s $p_1 = 1000\text{ mbar}$ na $p_2 = 1050\text{ mbar}$. Kolika je promjena mase zraka u prostoriji (pod pretpostavkom da postoji cirkulacija zraka između učionice i okoline)? Molarnu masu zraka izračunajte znajući njegov sastav (po volumenu približno 79% N_2 i 21% O_2).

2. zadatak (12 bodova)

Velika cisterna za vodu (u obliku kvadra dimenzija $2\text{ m} \times 2\text{ m} \times 2\text{ m}$) napunjena je vodom do visine $h_0 = 0.5\text{ m}$. Na njezinom vertikalnom zidu napravljena su dva jednaka otvora presjeka 2 cm^2 , na visinama $h_1 = 0.2\text{ m}$ i $h_2 = 0.3\text{ m}$ mjereno od horizontalne podloge.

- a) Pokažite da mlazevi iz oba otvora udaraju u podlogu jednakim brzinama;
b) Ako se cisterna počne puniti konstantnim prilivom od 0.8 litre u sekundi, do koje će se maksimalne visine podići nivo vode?



3. zadatak (9 bodova)

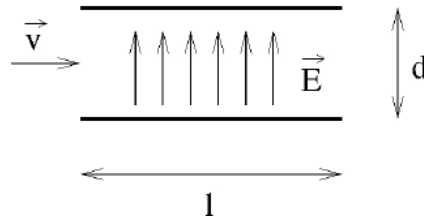
U bakrenom kalorimetru mase 200 g nalazi se 50 g vode temperature $25\text{ }^\circ\text{C}$. Dodamo li u kalorimetar 25 g leda temperature $-10\text{ }^\circ\text{C}$, kako će izgledati konačno stanje sistema? Specifični toplinski kapacitet vode je $4186\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$, leda $2093\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$, bakra $390\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$, a latentna toplina taljenja leda $3.35 \cdot 10^5\text{ J}$.

4. zadatak (10 bodova)

U blizini dva različita naboja Q_1 i Q_2 (koji su međusobno udaljeni za d), odredite položaj svih točaka u kojima je jakost ukupnog električnog polja jednaka nuli. Posebno diskutirajte slučaj naboja istog predznaka, a posebno slučaj raznoimenih naboja.

5. zadatak (10 bodova)

Elektron ulijeće brzinom v_0 okomito na homogeno električno polje (jakosti $E = 2 \cdot 10^4\text{ V/m}$) na jednakoj udaljenosti od dvije otklonske ploče u katodnoj cijevi. Razmak među pločama je $d = 0.05\text{ m}$, a njihova duljina $l = 0.1\text{ m}$. Kolika mora biti minimalna brzina v_0 da se elektron ne bi zabio u jednu od otklonskih ploča? Masa elektrona je $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$, a naboj $e = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{ C}$.



OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

Srednje škole – 2. grupa

Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (9 bodova)

Molarna masa zraka je:

$$M = 0.79M(N_2) + 0.21M(O_2) = 0.79 \cdot 28 + 0.21 \cdot 32 = 28.84 \text{ g/mol} \quad (2 \text{ boda})$$

Pretpostavljamo da je zrak idealan plin pa da vrijedi opća plinska jednačina:

$$pV = nRT \quad (1 \text{ bod})$$

Volumen učionice je:

$$V = abc = 15 \cdot 10 \cdot 4 = 600 \text{ m}^3$$

Količinu zraka izražavamo iz:

$$n = \frac{m}{M} \quad (1 \text{ bod})$$

pa se u učionici nalazi masa zraka:

$$m = \frac{MV}{R} \frac{p}{T} \quad (1 \text{ bod})$$

Promjena mase zraka u učionici je:

$$\begin{aligned} \Delta m &= \frac{MV}{R} \left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right) = \\ &= \frac{28.84 \text{ g mol}^{-1} \cdot 600 \text{ m}^3}{8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}} \left(\frac{105000 \text{ Pa}}{(273.15 + 25) \text{ K}} - \frac{100000 \text{ Pa}}{(273.15 + 15) \text{ K}} \right) = \quad (4 \text{ boda}) \\ &= 10680 \text{ g} \approx 10.7 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. zadatak (12 bodova)

a) Primjenom Bernullijevega teorema na gornju površinu vode (v_0 , h_0) i bilo koji od otvora kroz koji teče voda (v_i , h_i) dobivamo:

$$\frac{v_0^2}{2} + gh_0 = \frac{v_i^2}{2} + gh_i \quad (1 \text{ bod})$$

Zbog velikog omjera površina, brzina v_0 je zanemarivo malena, pa dobivamo:

$$\begin{aligned} v_i^2 &= 2g(h_0 - h_i) \\ v_i &= \sqrt{2g(h_0 - h_i)} \quad (1 \text{ bod}) \end{aligned}$$

Dakle, brzine s kojim mlazovi izliječu iz cisterne dane su s:

$$\begin{aligned} v_1 &= \sqrt{2g(h_0 - h_1)} \\ v_2 &= \sqrt{2g(h_0 - h_2)} \end{aligned}$$

Iz zakona očuvanja energije slijedi za dio mase prvog mlaza Δm :

$$\frac{\Delta m v_1^2}{2} + \Delta m g h_1 = \frac{\Delta m v_1^2}{2}$$

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

$$v_1^2 = v_2^2 + 2gh_1 = 2g(h_0 - h_1) + 2gh_1 = 2gh_0 \quad (1 \text{ bod})$$

Analogno, iz zakona očuvanja energije slijedi za element mase drugog mlaza \square m:

$$\frac{\Delta mv_2^2}{2} + \Delta mgh_2 = \frac{\Delta mv_1^2}{2}$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2gh_2 = 2g(h_0 - h_2) + 2gh_2 = 2gh_0 \quad (1 \text{ bod})$$

Dakle, brzine kojim mlazevi udaraju u podlogu su jednake (i odgovaraju brzini s kojom element mase udara u podlogu na kraju slobodnog pada s visine h_0) **(2 boda)**

b) U cisternu svake sekunde uđe 0.8 litara vode. Istovremeno, količina vode koja ističe iz posude ovisi o visini vode u posudi h_0 (jer brzina istjecanja raste s dubinom). Kada se količina vode koje ističe izjednači s prilivom, visina vode će biti maksimalna. **(2 boda)**

Tada vrijedi:

$$0.8 \text{ l/s} = 2 \text{ cm}^2 \cdot \left(\sqrt{2g(h_0 - h_1)} + \sqrt{2g(h_0 - h_2)} \right) \quad (1 \text{ bod})$$

$$400 \text{ cm/s} = \sqrt{2g(h_0 - h_1)} + \sqrt{2g(h_0 - h_2)}$$

$$4 \text{ m/s} - \sqrt{2g(h_0 - h_1)} = \sqrt{2g(h_0 - h_2)}$$

$$(4 \text{ m/s})^2 - 2\sqrt{2g(h_0 - h_1)}(4 \text{ m/s}) + 2g(h_0 - h_1) = 2g(h_0 - h_2)$$

$$16 \text{ m}^2/\text{s}^2 + 2g(h_2 - h_1) = 2\sqrt{2g(h_0 - h_1)}(4 \text{ m/s})$$

$$17.96 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 2\sqrt{2g(h_0 - h_1)}(4 \text{ m/s})$$

$$4.49 \text{ m/s} = \sqrt{2g(h_0 - h_1)}$$

$$2g(h_0 - h_1) = 20.16 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$h_0 - h_1 = 1.03 \text{ m}$$

$$h_0 = 1.23 \text{ m} \quad (3 \text{ boda})$$

Maksimalna visina vode bit će 1.23 m.

3. zadatak (9 bodova)

Toplina oslobođena pri hlađenju voda i kalorimetra na 0°C :

$$(m_k c_k + m_v c_v) \Delta t = (0.2 \cdot 390 + 0.05 \cdot 4186) \cdot 25 \text{ J} = 7182.5 \text{ J} \quad (2 \text{ boda})$$

Toplina potrebna za grijanje leda na 0°C :

$$m_i c_i \Delta t = 0.025 \cdot 2093 \cdot 10 \text{ J} = 523.3 \text{ J} \quad (2 \text{ boda})$$

Dakle, za topljenje leda ostaje nam toplina:

$$7182.5 - 523.3 \text{ J} = 6659.2 \text{ J} \quad (1 \text{ bod})$$

Masa leda koja se može olediti tom toplinom je:

$$m = \frac{6659.2 \text{ J}}{3.35 \cdot 10^5 \text{ J/kg}} = 0.0199 \text{ kg} \approx 20 \text{ g} \quad (2 \text{ boda})$$

Dakle, u termičkoj ravnoteži ima ćemo 70 g vode i 5 g leda na temperaturi 0°C . **(2 boda)**

4. zadatak (10 bodova)

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

Točke u kojima je jakost ukupnog električnog polja jednaka nuli moraju ležati na pravcu koji spaja dva naboja Q_1 i Q_2 jer u protivnom uvijek postoji komponenta polja okomita na taj pravac. **(2 boda)**

Ako su Q_1 i Q_2 istog predznaka, jedina takva točka nalazit će se između naboja Q_1 i Q_2 na udaljenosti r od Q_1 koju nalazimo iz:

$$k \frac{Q_1}{r^2} = k \frac{Q_2}{(d-r)^2} \quad (1 \text{ bod})$$

$$(d-r)^2 Q_1 = Q_2 r^2$$

$$d^2 - 2rd + r^2 = r^2 Q_2 / Q_1$$

$$r^2(1 - Q_2 / Q_1) - 2dr + d^2 = 0$$

$$r_{1,2} = \frac{2d \pm \sqrt{4d^2 - 4d^2(1 - Q_2 / Q_1)}}{2(1 - Q_2 / Q_1)} = \frac{2d \pm \sqrt{4d^2 Q_2 / Q_1}}{2(1 - Q_2 / Q_1)} = d \frac{1 \pm \sqrt{Q_2 / Q_1}}{1 - Q_2 / Q_1}$$

$$r_{1,2} = d \frac{Q_1 \pm \sqrt{Q_2 \cdot Q_1}}{Q_1 - Q_2} \quad (1 \text{ bod})$$

Pozitivan predznak u brojniku daje točku u kojoj su polja od naboja Q_1 i Q_2 ista po iznosu, ali i po smjeru (pa njihova suma nije 0); jedino rješenje je:

$$r_{1,2} = d \frac{Q_1 - \sqrt{Q_2 \cdot Q_1}}{Q_1 - Q_2} \quad (2 \text{ boda})$$

Ako su Q_1 i Q_2 različitog predznaka, imat ćemo jednu takvu točku: na pravcu koji spaja dva naboja, ali ne između njih, te bliže manjem naboju (recimo da je to Q_1):

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

$$(d+r)^2 Q_1 = Q_2 r^2$$

$$d^2 + 2rd + r^2 = r^2 Q_2 / Q_1$$

$$r^2(1 - Q_2 / Q_1) + 2dr + d^2 = 0$$

$$r_{1,2} = \frac{-2d \pm \sqrt{4d^2 - 4d^2(1 - Q_2 / Q_1)}}{2(1 - Q_2 / Q_1)} = \frac{-2d \pm \sqrt{4d^2 Q_2 / Q_1}}{2(1 - Q_2 / Q_1)} = d \frac{-1 \pm \sqrt{Q_2 / Q_1}}{1 - Q_2 / Q_1}$$

$$r_{1,2} = d \frac{-Q_1 \pm \sqrt{Q_2 \cdot Q_1}}{Q_1 - Q_2} \quad (1 \text{ bod})$$

Pozitivan predznak u brojniku daje negativan r što je suprotno pretpostavki rješenja; jedino rješenje je dakle:

$$r_{1,2} = d \frac{-Q_1 - \sqrt{Q_2 \cdot Q_1}}{Q_1 - Q_2} \quad (2 \text{ boda})$$

5. zadatak (10 bodova)

Komponenta brzine elektrona okomita na silnice električnog polja ostaje konstantna u vremenu (i jednaka početnoj brzini elektrona); pomoću nje možemo odrediti vrijeme proleta elektrona duž otklonskih ploča:

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

$$t_p = \frac{l}{v_0} \quad (2 \text{ boda})$$

Za to vrijeme elektron se giba jednoliko ubrzano u smjeru električnog polja s ubrzanjem:

$$a = \frac{Ee}{m_e} \quad (2 \text{ boda})$$

U vremenu t_p elektron će u smjeru električnog polja prevaliti put:

$$\begin{aligned} s &= \frac{a}{2} t_p^2 = \\ &= \frac{Ee}{2m_e} \frac{l^2}{v_0^2} \end{aligned} \quad (2 \text{ boda})$$

Ako želimo da elektron ne udari u otklonsku ploču, mora vrijediti:

$$s < d \quad (1 \text{ boda})$$

Iz toga slijedi:

$$\begin{aligned} \frac{Ee}{2m_e} \frac{l^2}{v_0^2} &< d \\ v_0^2 &> \frac{Ee}{2m_e} \frac{l^2}{d} \end{aligned}$$

$$v_0 > \sqrt{\frac{Ee}{2m_e} \frac{l^2}{d}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.1^2}{2 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \cdot 0.05}} = \sqrt{3.5 \cdot 10^{14}} = 1.87 \cdot 10^7 \text{ m/s} \quad (3 \text{ boda})$$

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

Srednje škole – 3. grupa

Zadatak 1. (10 bodova)

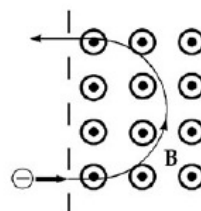
Stolica mase 42.5 kg pričvršćena je za oprugu i slobodno oscilira. Kada je stolica prazna, potrebno je 1.3 s da napravi jedan titraj. Kada na stolici sjedi osoba, tako da joj stopala ne dodiruju tlo, potrebno je 2.54 s za titraj. Izračunaj masu osobe.

Zadatak 2. (10 bodova)

Elektron ima brzinu 1.2×10^4 m/s (u smjeru pozitivne osi x), i ubrzanje 2×10^{12} m/s² (u smjeru pozitivne osi z) u homogenom električnom i magnetskom polju. Ukoliko električno polje 20 N/C djeluje u smjeru pozitivne osi z , kakvo je magnetsko polje koje djeluje na elektron? (Izračunaj sve tri njegove komponente.)

Zadatak 3. (10 bodova)

Područje desno od granice sadrži magnetsko polje 1 mT, okomito na list papira, dok je u području lijevo od granice polje nula. Elektron ulijeće okomito na granicu između dva područja, čini polukrug u polju, i izlijeće okomito na granicu (slika). Izračunaj vrijeme potrebno da elektron napusti magnetsko polje (od trenutka kada je ušao u polje).

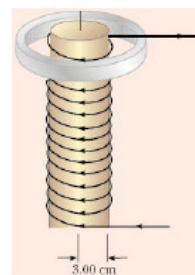


Zadatak 4. (10 bodova)

Senzor vibracija koji se koristi u perilicama rublja sastoji se od aluminijske kocke brida 1.5 cm koja je pričvršćena za jedan kraj čelične opruge. Opruga leži u horizontalnoj ravnini. Masa opruge malena je u usporedbi s masom kocke, ali je njena dužina velika u usporedbi s veličinom kocke. Drugi kraj opruge pričvršćen je za okvir perilice rublja, koja nije uključena. Potrebna je horizontalna sila od 1.43 N da bi se kocka zadržala u položaju 2.75 cm od ravnotežnog. Izračunaj frekvenciju vibracija kada se kocka pusti iz ovog položaja. Gustoća aluminija je 2.7×10^3 kg/m³.

Zadatak 5. (10 bodova)

Aluminijski prsten nalazi se na vrhu dugačke zavojnice sa 1000 namotaja po metru i polumjera 3 cm, kao na slici. Otpor prstena je $3 \times 10^{-4} \Omega$. Pretpostavi da je aksijalna komponenta polja koje se stvara u zavojnici dvostruko manja na njenim krajevima nego u središtu. Polje izvan zavojnice je zanemarivo. Električna struja u zavojnici se povećava brzinom 270 A/s. Kolika struja se inducira u prstenu?



OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

Srednje škole – 3. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

Zadatak 1. (10 bodova)

Kada je stolica prazna vrijedi: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}}$, gdje m_1 označava masu stolice. [2 boda]

Konstanta opruge je: $k = \frac{4\pi^2 m_1}{T^2} = \frac{4\pi^2 (42.5 \text{ kg})}{(1.35 \text{ s})^2} = 993 \text{ N/m}$. [2 boda]

Kada na stolici sjedi osoba vrijedi: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m_2}{k}}$, gdje m_2 označava ukupnu masu stolice i čovjeka. [2 boda]

Ukupna masa je: $m_2 = \frac{T^2 k}{4\pi^2} = \frac{(2.54 \text{ s})^2 (993 \text{ N/m})}{4\pi^2} = 162 \text{ kg}$. [2 boda]

Masa je osobe je: $m_2 - m_1 = 162 \text{ kg} - 42.5 \text{ kg} = 120 \text{ kg}$. [2 boda]

Zadatak 2.

Električna sila koja djeluje na naboj, u smjeru negativne osi z je:

$$q\vec{E} = (-1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(20 \text{ N/C})\hat{k} = (-3.2 \times 10^{-18} \text{ N})\hat{k}. \quad [3 \text{ boda}]$$

Ukupna sila je: $\sum \vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} = m\vec{a}$. [2 boda]

Uvrštavanjem zadanih vrijednosti dolazimo do sljedećeg:

$$\begin{aligned} (-3.2 \times 10^{-18} \text{ N})\hat{k} - 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} (1.2 \times 10^4 \text{ m/s} \hat{i}) \times \vec{B} = \\ = (1.82 \times 10^{-18} \text{ N})\hat{k} - (1.92 \times 10^{-15} \text{ C} \times \text{m/s}) \hat{i} \times \vec{B} = -(5.02 \times 10^{-18} \text{ N})\hat{k}. \end{aligned} \quad [2 \text{ boda}]$$

Komponenta x magnetskog polja može biti bilo kojeg iznosa, dok za ostale dvije komponente vrijedi $\vec{B}_z = 0$ i $\vec{B}_y = -2.62 \text{ mT}$. [3 boda]

Zadatak 3.

Budući da se u magnetskom polju elektron giba po kružnoj putanji, vrijedi sljedeće:

$$|q|vB \sin 90^\circ = \frac{mv^2}{r}. \quad [2 \text{ boda}]$$

$$\frac{v}{r} = \omega = \frac{|q|B}{m} = \frac{(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/C} \cdot \text{m})}{(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})} = 1.76 \times 10^8 \text{ rad/s}. \quad [3 \text{ boda}]$$

Vrijeme potrebno da bi se napravio polukrug je:

$$\Delta\theta = \omega\Delta t, \quad [2 \text{ boda}]$$

$$\Delta t = \frac{\Delta\theta}{\omega} = \frac{\pi \text{ rad}}{1.76 \times 10^8 \text{ rad/s}} = 1.79 \times 10^{-8} \text{ s}. \quad [3 \text{ boda}]$$

Zadatak 4.

Masa kocke je $m = \rho \cdot V = (2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(0.015 \text{ m})^3 = 9.11 \times 10^{-3} \text{ kg}$. [3 boda]

Konstanta opruge je $k = \frac{F}{x} = \frac{14.3 \text{ N}}{0.0275 \text{ m}} = 52 \text{ N/m}$. [3 boda]

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

Frekvencija je tada $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{52 \text{ N/m}}{9.11 \times 10^{-3} \text{ kg}}} = 12 \text{ Hz}$. [4 boda]

Zadatak 5.

Inducirani napon je $|\varepsilon| = \frac{\Delta(B \cdot S)}{\Delta t} = 0.5 \mu_0 n S \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0.48 \times 10^{-3} \text{ V}$. [5 bodova]

Inducirana struja je $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{4.8 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-4}} = 1.6 \text{ A}$. [5 bodova]

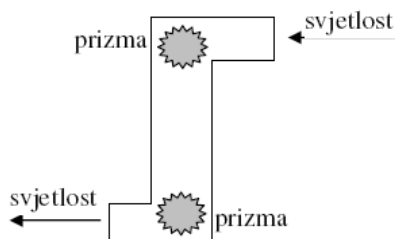
OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

Srednje škole - 4. grupa

Zadatak 1 (10 bodova)

Dva jednaka atomska sata pažljivo su podešena da pokazuju jednako vrijeme. Jedan se stavi u zrakoplov, a drugi ostaje na tlu. Zrakoplov ode i vrati se nazad tako da mu je iznos prosječne brzine putovanja 250m/s. U trenutku povratka sat koji je ostao na tlu pokazuje da je od trenutka odlaska prošlo 4 sata. Za koliko će se (prema posebnoj teoriji relativnosti) razlikovati očitavanje na satovima i koji od njih će pokazivati kraće proteklo vrijeme?

Zadatak 2 (10 bodova)



Periskop podmornice koristi dvije trokutaste 45°-45°-90° prizme koje su postavljene tako da se potpuna refleksija odvija kod obje prizme na stranici koja priliježe uz kutove od 45°. Skiciraj putanju zrake svjetlosti i položaj prizmi u skladu s predloženom slikom. Sve cijevi su uske i duge. Ako nastane pukotina te se prostor oko donje prizme u periskopu ispuni vodom, objasni hoće li periskop i dalje ispravno služiti. Indeks loma stakla prizmi je 1,52, a vode 1,33.

Zadatak 3 (10 bodova)

Tanki sloj ulja indeksa loma 1,25 razlio se na glatki vodom prekriveni kolnik (indeks loma vode 1,33). Kad ga se pogleda okomito, sloj izgleda crven (640nm) i nema plave komponente (512nm). Kolika je debljina sloja ulja? Kako si sigurna/siguran u jedinstvenost rješenja?

Zadatak 4 (10 bodova)

Svijetli predmet udaljen je 4m od vertikalnog zida. Pomoću konkavnog zrcala želiš na zidu dobiti 2.25 puta veću sliku. Kamo treba staviti zrcalo i koliki mu mora biti polumjer zakrivljenosti?

Zadatak 5 (10 bodova)

Ion Be^{3+} ima samo jedan elektron. Promotri ga u Bohrovu modelu atoma. Izračunaj omjer opsega putanje i deBroglieove valne duljine za elektron u n -tom stanju. Kako taj omjer ovisi o broju protona?

Konstante:

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg (masa elektrona)}$$

Uputa: za $x \ll 1$ koristite izraz $(1+x)^n = 1+nx$

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

Srednje škole - 4. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

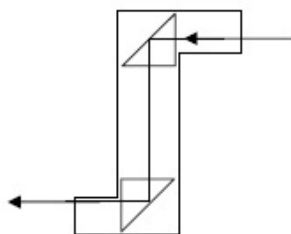
Zadatak 1 (10 bodova)

Ako na satu u mirujućem sustavu protekne vrijeme Δt , onda u sustavu koji se giba brzinom v protekne vrijeme $\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - v^2 / c^2}$. (3 boda)

Tako sat koji putuje u zrakoplovu pokazuje kraće proteklo vrijeme. (2 boda)

Razlika je $\Delta t - \Delta t' = \Delta t \left(1 - \sqrt{1 - v^2 / c^2}\right) \approx \frac{v^2 \Delta t}{2c^2} = 5 \cdot 10^{-9}$ s. (5 bodova)

Zadatak 2 (10 bodova)



Položaj prizmi i put zrake prikazan je na slici (4 boda)

Granični kut upada zrake iz stakla u zrak je $\arcsin(1/1,52) = 41,1^\circ$ pa se zraka potpuno reflektira. (2 boda)

Ulaskom vode oko prizme granični kut za prelazak iz stakla u vodu postaje $\arcsin(1,33/1,52) = 61^\circ$. (2 boda)

Kad uđe voda, potpuna refleksija se ne događa, pa periskop ne prenosi sliku izvana unutra. (2 boda)

Zadatak 3 (10 bodova)

Razlika putova zrake reflektirane na donjoj granici ulja i zrake reflektirane na gornjoj granici ulja iznosi $2dn + \lambda/2 - \lambda/2$, gdje su obje zrake dobile pomak pri refleksiji na optički gušćem sredstvu, a d je debljina sloja ulja i n njegov indeks loma. (2 boda)

Da bi se crvena vidjela, treba biti $2dn = k\lambda_c$ (1 bod)

i da se plava ne vidi $2dn = (k' + 1/2)\lambda_p$. (1 bod)

Dijeljenjem te dvije jednačbe slijedi uz zadane valne duljine $k' = 1,25k - 0,5$. (1 bod)

Cjelobrojna rješenja (k, k') su $(2, 2)$, $(6, 7)$, itd. (1 bod)

Za $k=2$ i uz $\lambda_c = 640\text{nm}$ dobije se $d = 512\text{nm}$. (1 bod)

Za $k=6$ proizišla bi veća debljina sloja, no tada bi se za još neke valne duljine javila konstruktivna interferencija pa sloj ne bi bio crven. Tako $k=2$ daje jedino rješenje. (3 boda)

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 29.1.2008.

Zadatak 4 (10 bodova)

Jednadžba konkavnog zrcala je $\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} = \frac{1}{f}$, gdje je x_1 udaljenost predmeta od zrcala, a x_2 udaljenost zida (slike) od zrcala i $f=R/2$ žarišna daljina zrcala. (2 boda)

Također vrijedi $\frac{x_1}{y_1} = \frac{x_2}{y_2}$, gdje je y_1 veličina predmeta, a y_2 veličina slike, za koje je zadano $y_2/y_1=g=2,25$. (2 boda)

Iz navedenih jednadžbi slijedi $x_1 = \frac{d}{g-1} = 3,2$ m (1 bod)

$x_2 = \frac{gd}{g-1} = 7,2$ m (1 bod)

$R = \frac{2gd}{g^2-1} = 4,43$ m. (2 boda)

Za ispravnu skicu dobije se (2 boda)

Zadatak 5 (10 bodova)

Bohrov uvjet za stabilne putanje elektrona u ionu glasi $m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$, (1 bod)

a uvjet kruženja je $\frac{m_e v_n^2}{r_n} = \frac{eZe}{4\pi\epsilon_0 r_n^2}$, gdje je Z broj protona u jezgri. (1 bod)

Odatle se dobije polumjer putanje u n -tom stanju $r_n = \frac{\epsilon_0 h^2 n^2}{\pi m_e eZe}$ (2 boda)

i brzina elektrona $v_n = \frac{eZe}{2\epsilon_0 hn}$. (2 boda)

deBroglieva valna duljina elektrona u n -tom stanju je $\lambda_n = \frac{h}{mv_n} = \frac{2\epsilon_0 h^2 n}{m_e eZe}$. (2 boda)

Slijedi omjer $\frac{2\pi r_n}{\lambda_n} = n$. (1 bod)

Omjer je neovisan o naboju jezgre Ze . (1 bod)