ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011/2012 – 29. veljače 2012.

Srednje škole – 1. skupina

Zadatak 1 (10 bodova)

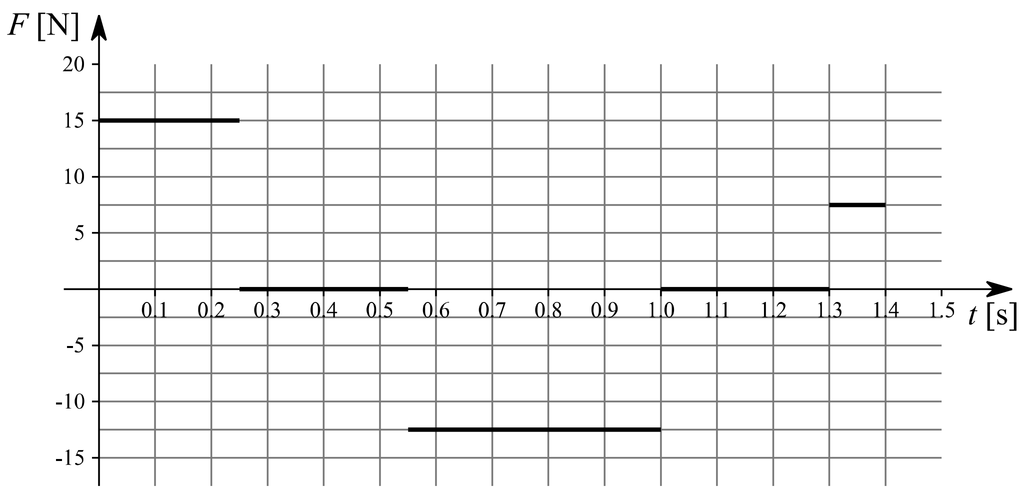
Vlak se sastoji od lokomotive i 12 vagona. Duljina lokomotive je 16 m, a duljina jednog vagona je 24 m. Vlak polazi sa stanice iz mirovanja i giba se jednoliko ubrzano. Tunel se nalazi na udaljenosti 1.32 km od prednjeg kraja lokomotive u početnom položaju. Duljina tunela je 876 m. Od trenutka ulaska do trenutka izlaska zadnjeg vagona iz tunela prođe 22.5 s.

a) Izračunajte ubrzanje vlaka.
b) Izračunajte brzinu vlaka u trenutku izlaska zadnjeg vagona iz tunela.

Zadatak 2 (10 bodova)

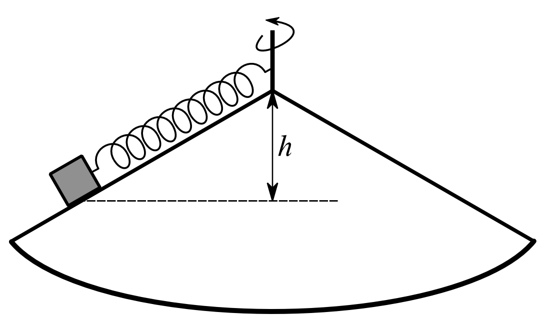
Hokejska pločica mase 150 g u početnom trenutku (t = 0) miruje na sredini hokejaškog igrališta. Širina igrališta je 30 m. Hokejaš pomoću palice djeluje silom na pločicu kako je prikazano na grafu. Pločica se giba po pravcu koji je paralelan širini igrališta, a sila na pločicu djeluje duž istog pravca. Pozitivan smjer gibanja pločice je udesno.

a) Izračunajte iznos i smjer konačne brzine pločice (u trenutku t = 1.5 s).
b) Nacrtajte graf ovisnosti brzine pločice o vremenu.
c) U kojem trenutku se pločica nalazi na minimalnoj udaljenosti od desnog ruba igrališta? Koliko iznosi ta udaljenost?



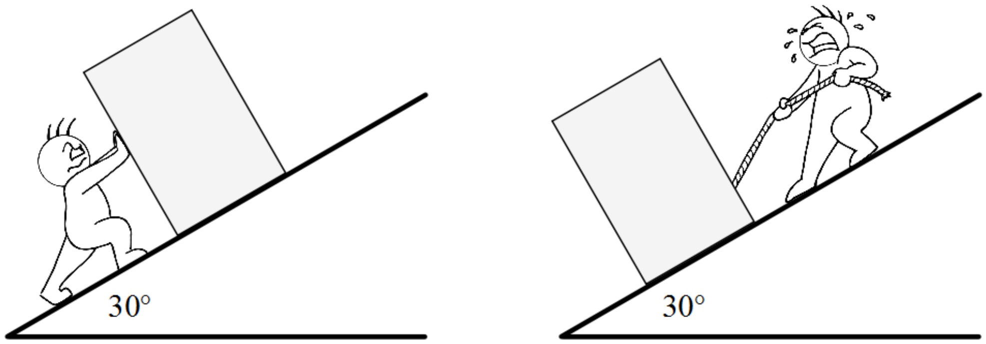
Zadatak 3 (10 bodova)

Kocka mase m pričvršćena je za oprugu konstante elastičnosti 50 N/m čiji je drugi kraj pričvršćen za osovinu koja prolazi vrhom stošca vršnog kuta 120°. Kocka rotira po plaštu stošca frekvencijom 100 okreta u minuti na stalnoj visini od vrha stošca h = 25 cm. Duljina nerastegnute opruge je 5 cm. Trenje između kocke i plašta stošca je zanemarivo. Izračunajte masu kocke.

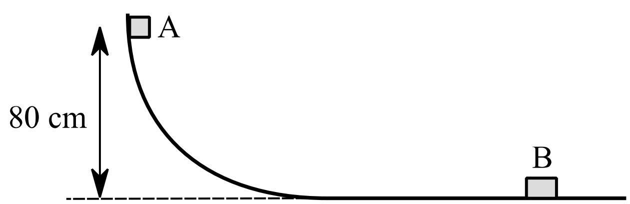


Zadatak 4 (10 bodova)

Ormar treba premjestiti s dna do vrha kosine. U prvom slučaju čovjek gura ormar stalnom silom koja djeluje na ormar u smjeru paralelnom kosini, a u drugom slučaju čovjek vuče ormar stalnom silom koja djeluje na ormar pod kutem 30° u odnosu na kosinu. U oba slučaja ormar se giba uz kosinu stalnom brzinom. Koeficijent trenja između ormara i kosine je 0.1. Izračunajte omjer sile kojom čovjek gura ormar i sile kojom čovjek vuče ormar.



Zadatak 5 (10 bodova)



Kvadar A mase 200 g pustimo iz stanja mirovanja iz položaja prikazanog na slici. Kvadar B mase 600 g giba se ulijevo brzinom 1 m/s. Kvadri se elastično sudare na horizontalnoj podlozi. Trenje između kvadara i podloge je zanemarivo. Uzmite da je gravitacijsko ubrzanje $g = 10$ m/s^2.

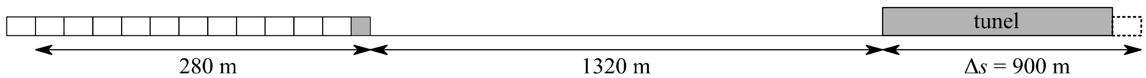
a) Hoće li se kvadar A nakon sudara gibati u suprotnom smjeru od početnog? Ako da, izračunajte na koju će maksimalnu visinu doći na zakrivljenom dijelu podloge.

b) Izračunajte iznos i smjer brzine kvadra B nakon sudara.

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011/2012 – 29. veljače 2012.
Srednje škole – 1. skupina

Rješenja i smjernice za bodovanje

Zadatak 1 (10 bodova)



Skica: **1 bod**

Zadnji vagon vlaka od početka gibanja do početka tunela prijeđe put $s_1 = 11 \cdot 24\,\text{m} + 16\,\text{m} + 1320\,\text{m} = 1600\,\text{m}$ u vremenu t_1:

$s_1 = \frac{1}{2} a t_1^2$ (**1 bod**)

Zadnji vagon od početka gibanja do izlaska iz tunela prijeđe put $s_2 = s_1 + 876\,\text{m} + 24\,\text{m} = 2500\,\text{m}$ u vremenu t_2:

$s_2 = \frac{1}{2} a t_2^2$ (**1 bod**)

$t_2 - t_1 = 22.5\,\text{s}$ (**1 bod**)

$$s_2 - s_1 = \Delta s = \frac{1}{2} a \left(t_2^2 - t_1^2\right)$$

$$\Delta s = \frac{1}{2} a (t_2 - t_1)(t_2 + t_1) = \frac{1}{2} a \Delta t (t_1 + \Delta t + t_1) = \frac{1}{2} \frac{2 s_1}{t_1^2} \Delta t (2t_1 + \Delta t) = \frac{s_1}{t_1^2} \Delta t (2t_1 + \Delta t)$$

$$\Delta s t_1^2 - 2 s_1 \Delta t t_1 - s_1 (\Delta t)^2 = 0$$

$$900 t_1^2 - 72000 t_1 - 810000 = 0$$

$$t_1^2 - 80 t_1 - 900 = 0$$

$$(t_1 - 90)(t_1 + 10) = 0$$

Rješavanje sustava jednadžbi: **3 boda**

Slijedi da je vrijeme $t_1 = 90$ s = 1.5 min. (**1 bod**)

Ubrzanje vlaka dobijemo iz prve jednadžbe:

$a = \frac{2 s_1}{t_1^2} = 0.395\,\text{m/s}^2$ (**1 bod**)

Brzina vlaka u trenutku izlaska zadnjeg vagona iz tunela je:

$v_2 = a t_2 = 44.4\,\text{m/s} = 160\,\text{km/h}$ (**1 bod**)

Zadatak 2 (10 bodova)

Brzina pločice u trenutku 0.25 s je:

$m v_1 = F_1 \Delta t_1 \;\Rightarrow\; v_1 = \frac{F_1 \Delta t_1}{m} = \frac{(15\,\text{N}) \cdot (0.25\,\text{s})}{0.15\,\text{kg}} = 25\,\text{m/s}$ (**1 bod**)

Sljedeće 0.3 s pločica se giba jednoliko brzinom 25 m/s. U trenutku 1 s brzina pločice je:

$m v_2 = m v_1 + F_2 \Delta t_2 \;\Rightarrow\; v_2 = v_1 + \frac{F_2 \Delta t_2}{m} = 25\,\text{m/s} + \frac{(-12.5\,\text{N}) \cdot (0.45\,\text{s})}{0.15\,\text{kg}} = -12.5\,\text{m/s}$ (**1 bod**)

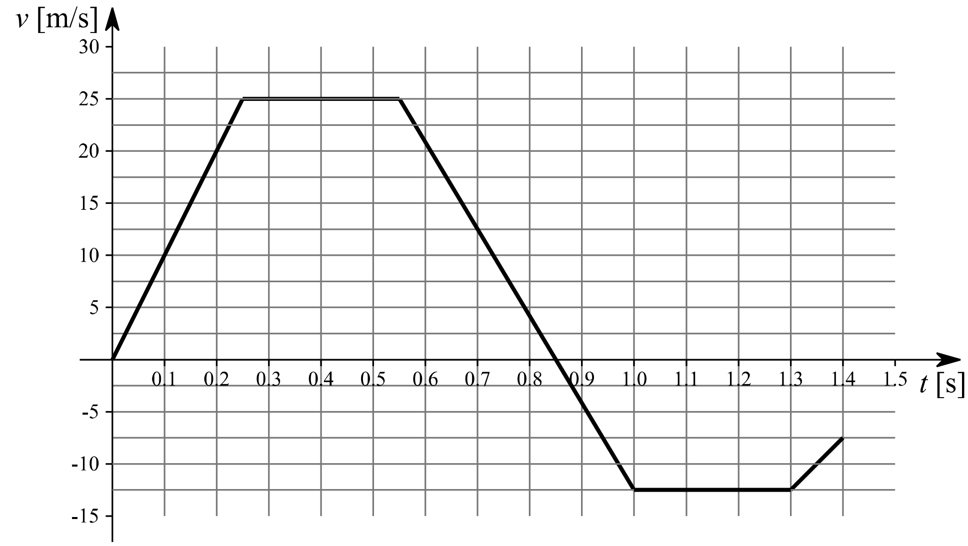
Sljedeće 0.3 s pločica se giba jednoliko brzinom 12.5 m/s u suprotnom smjeru od početnog.

Brzina pločice u trenutku 1.4 s je:

$m v_3 = m v_2 + F_3 \Delta t_3 \;\Rightarrow\; v_3 = v_2 + \frac{F_3 \Delta t_3}{m} = -12.5\,\text{m/s} + \frac{(7.5\,\text{N}) \cdot (0.1\,\text{s})}{0.15\,\text{kg}} = -7.5\,\text{m/s}$ (**1 bod**)

Konačna brzina pločice je 7.5 m/s ulijevo.

Graf ovisnosti brzine o vremenu je (**2 boda**):



Pločica se do trenutka 0.85 s giba udesno, a nakon toga mijenja smijer gibanja. Prema tome, na minimalnoj udaljenosti od desnog ruba igrališta nalazi se u $t = 0.85$ s. (**1 bod**)
Prijeđeni put do $t = 0.85$ s jednak je površini ispod grafa:

0 – 0.25 s: $\frac{(0.25\,\mathrm{s})\cdot(25\,\mathrm{m/s})}{2} = 3.125\,\mathrm{m}$ (**1 bod**)

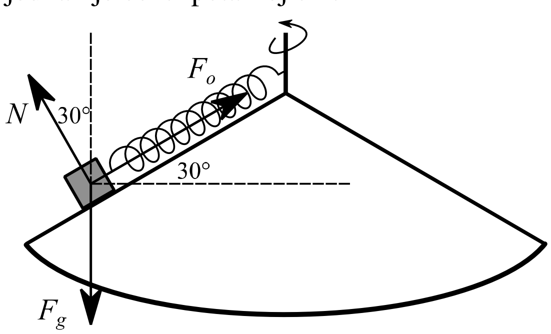
0.25 – 0.55 s: $(0.3\,\mathrm{s})\cdot(25\,\mathrm{m/s}) = 7.5\,\mathrm{m}$ (**1 bod**)

0.55 – 0.85 s: $\frac{(0.3\,\mathrm{s})\cdot(25\,\mathrm{m/s})}{2} = 3.75\,\mathrm{m}$ (**1 bod**)

Ukupni prijeđeni put je 3.125 m + 7.5 m + 3.75 m = 14.375 m, a minimalna udaljenost od desnog ruba igrališta je $15\,\mathrm{m} - 14.375\,\mathrm{m} = 0.625\,\mathrm{m} = 62.5\,\mathrm{cm}$ (**1 bod**).

Zadatak 3 (10 bodova)

Na kocku djeluje gravitacijska sila Zemlje, sila opruge i reakcija podloge. Zbroj svih sila jednak je centripetalnoj sili.



Dijagram sila: **1 bod**
Primjenom 2. Newtonovog zakona dobivamo jednadžbe:

$F_{cp} = \frac{\sqrt{3}}{2} F_o - \frac{1}{2} N$ (**1 bod**)

$\frac{1}{2} F_o + \frac{\sqrt{3}}{2} N = mg$ (**1 bod**)

Iz druge jednadžbe slijedi:

$N = \frac{2}{\sqrt{3}}mg - \frac{1}{\sqrt{3}}F_o$

Uvrštavanjem u prvu jednadžbu dobije se:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{\sqrt{3}}{2}F_o - \frac{1}{\sqrt{3}}mg + \frac{1}{2\sqrt{3}}F_o$$

$$m\left(\frac{\sqrt{3}v^2}{r} + g\right) = 2F_o \;\Rightarrow\; m = \frac{2F_o}{\frac{\sqrt{3}v^2}{r} + g}$$ (**2 boda**)

Sila opruge je $F_o = k(l - l_0)$ (**1 bod**).

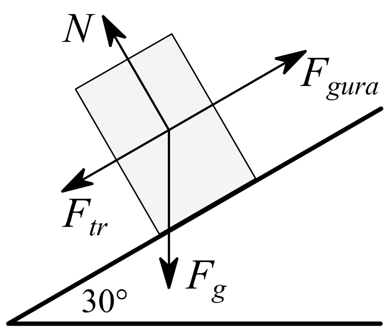
Duljina opruge je $l = 2h = 50\,\mathrm{cm}$, a polumjer kruženja kocke je $r = \frac{\sqrt{3}}{2}l = \sqrt{3}h$ (**1 bod**).

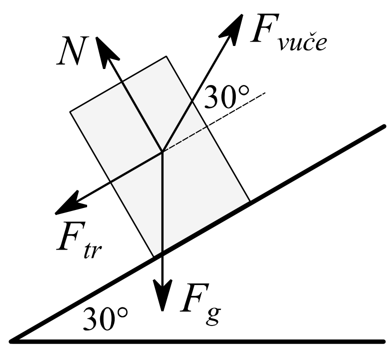
Brzina kruženja kocke je $v = r2\pi f = 2\sqrt{3}\pi fh$ (**1 bod**).

Uvrštavanjem prethodnih izraza dobije se:

$$m = \frac{2k(l - l_0)}{12\pi^2 f^2 h + g} = 0.49\,\mathrm{kg}$$ (**2 boda**)

Zadatak 4 (10 bodova)





Dijagrami sila: **1 bod + 1 bod**

Za guranje ormara uz kosinu stalnom brzinom vrijedi:

$F_{gura} = F_{tr} + \frac{1}{2}mg$, $N = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$ (**2 boda**)

Za vučenje ormara uz kosinu stalnom brzinom vrijedi:

$\frac{\sqrt{3}}{2}F_{vuce} = F_{tr} + \frac{1}{2}mg$, $N + \frac{1}{2}F_{vuce} = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$ (**2 boda**)

Uvrštavanjem $F_{tr} = \mu N$ (**1 bod**) u obje jednadžbe dobije se

$F_{gura} = \frac{1}{2}\left(\mu\sqrt{3} + 1\right)mg$ (**1 bod**)

$\frac{\sqrt{3}}{2}F_{vuce} = \frac{1}{2}\left(\mu\sqrt{3} + 1\right)mg - \mu\frac{1}{2}F_{vuce} \;\Rightarrow\; \left(\sqrt{3} + \mu\right)F_{vuce} = \left(\mu\sqrt{3} + 1\right)mg$ (**1 bod**)

Prema tome, traženi omjer sile kojom čovjek gura i sile kojom čovjek vuče ormar je:

$$\frac{F_{gura}}{F_{vuce}} = \frac{\frac{1}{2}\left(\mu\sqrt{3} + 1\right)mg}{\frac{\left(\mu\sqrt{3} + 1\right)mg}{\left(\sqrt{3} + \mu\right)}} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{3} + \mu\right) = 0.92$$ (**1 bod**)

Zadatak 5 (10 bodova)

Brzina kvadra A kada se spusti na horizontalnu podlogu:

$m_A gh = \frac{1}{2} m_A v_A^2 \quad \Rightarrow \quad v_A = \sqrt{2gh} = 4\ \text{m/s}$ (**2 boda**)

Za sudar kvadra A i kvadra B vrijede zakoni očuvanja količine gibanja i energije:

$m_A v_A - m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$ (**1 bod**)

$\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 = \frac{1}{2} m_A v_A'^2 + \frac{1}{2} m_B v_B'^2$ (**1 bod**)

Uzimajući u obzir da je $m_B = 3m_A$ i $v_A = 4v_B$:

$4v_B - 3v_B = v_A' + 3v_B' \quad \Rightarrow \quad v_A' = v_B - 3v_B' = 1\ \text{m/s} - 3v_B'$

$16v_B^2 + 3v_B^2 = v_A'^2 + 3v_B'^2$

Uvrštavanjem v'_A iz prve jednadžbe u drugu jednadžbu dobije se:

$19 = (1 - 3v_B')^2 + 3v_B'^2 = 1 - 6v_B' + 9v_B'^2 + 3v_B'^2$

$12v_B'^2 - 6v_B' - 18 = 0$

$2v_B'^2 - v_B' - 3 = 0$

$(2v_B' - 3)(v_B' + 1) = 0$ (**3 boda**)

Slijedi da je brzina kvadra B nakon sudara $v_B' = 1.5\ \text{m/s}$. Smjer brzine kvadra B nakon sudara je udesno (**1 bod**).

Brzina kvadra A nakon sudara je $v_A' = -3.5\ \text{m/s}$, što znači da se kvadar A giba brzinom 3.5 m/s ulijevo (**1 bod**).

Maksimalna visina na koju će se doći kvadar A na zakrivljenom dijelu podloge nakon sudara je:

$\frac{1}{2} m_A v_A'^2 = m_A g h' \quad \Rightarrow \quad h' = \dfrac{v_A'^2}{2g} = 61.25\ \text{cm}$ (**1 bod**)

Ispravka :

- **Ispravka - SŠ - 1. skupina, 2. zadatak**
  F = 0 između 1.4 s i 1.5 s (nedostaje podebljanje na grafu)

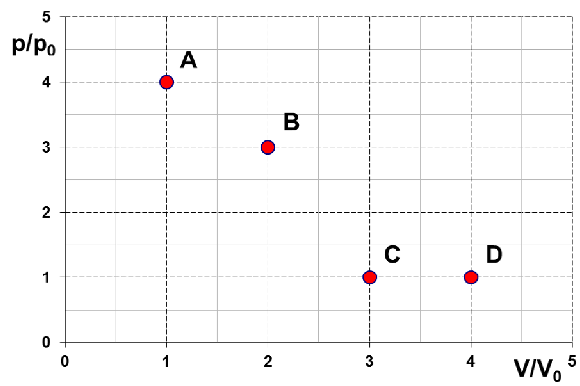
ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011/12 – 29. veljače 2012.

Srednje škole – 2. skupina

1. zadatak (8 bodova)
U posudi volumena V nalazi se idealni plin. Pomoću pumpe želimo postići što manji tlak u posudi. Jednim ispumpavanjem izbaci se plin volumena ΔV. Koliko puta se tlak u posudi smanji nakon n ispumpavanja? Pretpostavite da je proces ispumpavanja izoterman.

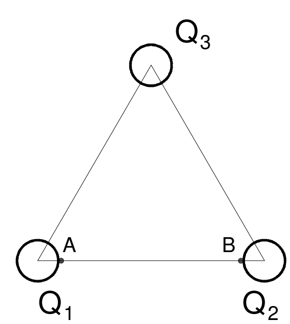
2. zadatak (11 bodova)
Homogeni drveni štap spušta se vertikalno u jezero i na taj način se izmjeri da je dubina jezera 4.5 m. Izračunajte koliki je najmanji rad potrebno za to obaviti. Duljina, masa i gustoća štapa su 5 m, 4 kg i 800 kg/m^3. Gustoća jezera je 1000 kg/m^3.

3. zadatak (11 bodova)
U eksperimentu su jednoatomnom idealnom plinu mjereni volumen i tlak četiri puta. Vrijednosti su prikazane na grafu (točke A, B, C i D)



a) Označite na grafu stanje X u kojem plin ima isti volumen kao u stanju B i istu temperaturu kao u stanju A.
b) Spojite točke B i C ravnom crtom i pretpostavite da ona predstavlja prijelaz iz stanja B u C. Koliko je u tom slučaju plin izmijenio topline s okolinom pri prijelazu iz B u C? Je li toplinu plin primio ili dao? $C_V=(3/2)R$

4. zadatak (9 bodova)
Tri jednake kugle od izolatora nabijene su jednoliko nabojima Q_1 = 60 nC, Q_2 = 80 nC i Q_3 = 100 nC. Polumjer svake kugle je r = 10 cm. Kugle miruju u horizontalnoj ravnini tako da su im središta u vrhovima jednakostraničnog trokuta čija je stranica $11r$. Koliki je rad potrebno utrošiti da bi se prenijelo točkasti naboj q = 2 nC iz točke A u točku B? $k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_o} = 9\cdot 10^9\ \dfrac{\mathrm{Nm}^2}{\mathrm{C}^2}$

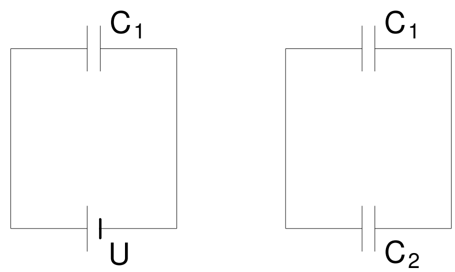


5. zadatak (11 bodova)

Prazni kondenzator kapacitet $C_1 = 4\ \mu F$ spoji se na bateriju od $U = 4\ V$ kao na slici (1). Zatim se odspoji od baterije i spoji s drugim praznim kondenzatorom kapaciteta $C_2 = 2\ \mu F$ kao na slici (2).

a) Izračunajte naboj i razliku potencijala među pločama kondenzatora C_2 dok je spojen kao na slici (2).

b) Koliki bi bio naboj na kondenzatoru C_2 da je prvom kondenzatoru nakon odspajanja od baterije, a prije spajanja s kondenzatorom C_2, udaljenost njegovih ploča smanjena dva puta?



(1) (2)

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011/12 – 29. veljače 2012.
Srednje škole – 2. skupina
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 (8 bodova)

Ukupna masa (i broj molova) plina su konstantni. Budući da se radi o idealnom plinu, nakon prvog izotermnog ispumpavanja vrijedi:

$$p_o V = p_1 (V + \Delta V)$$ **(2 boda)**

Nakon drugog ispumpavanja vrijedi:

$$p_1 V = p_2 (V + \Delta V)$$ **(2 boda)**

pa je tlak u posudi:

$$p_2 = p_1 \frac{V}{V + \Delta V} = p_o \left(\frac{V}{V + \Delta V}\right)^2$$ **(1 bod)**

Analogno, nakon n-tog ispumpavanja:

$$p_n = p_o \left(\frac{V}{V + \Delta V}\right)^n$$ **(2 boda)**

Nakon n ispumpavanja tlak se smanjio $\frac{p_o}{p_n} = \left(\frac{V + \Delta V}{V}\right)^n$ puta **(1 bod)**

2. zadatak (11 bodova)

$H = 4.5$ m, $d = 5$ m, $m = 4$ kg, $\rho_d = 800$ kg/m^3, $\rho = 1000$ kg/m^3, S je površina presjeka štapa

Sve dok je težina štapa veća od sile uzgona (koja se linearno povećava tijekom uranjanja) ne moramo obavljati rad. Neka je u trenutku izjednačavanja tih dviju sila duljina uronjenog dijela štapa d_1:

$$mg = S d_1 g \rho$$ **(1 bod)**

Uzimajući u obzir da je $m = S d \rho_d$ dobije se:

$$d_1 = \frac{d \rho_d}{\rho}$$ **(2 boda)**

Za daljnje uranjanje štapa potrebno je obavljati rad jer je sila uzgona veća od težine. Budući da sila uzgona raste linearno, sila kojom treba djelovati da bi se uronilo štap raste linearno od nule do maksimalne vrijednosti:

$$F_{\max} = S(H - d_1) g \rho$$ **(2 boda)**

Obavljeni rad je:

$$W = \overline{F}(H - d_1)$$ **(2 boda)**

gdje je srednja sila koju treba upotrijebiti pri uranjanju

$$\overline{F} = \frac{F_{\max}}{2}$$ **(1 bod)**

Napomena: Rad se može izračunati i preko „površine“ ispod pravca u sila-put grafu.

Uzimajući u obzir da je $S = \dfrac{m}{\rho_d d}$ obavljeni rad je:

$$W = \frac{\dfrac{m}{\rho_d d}(H - d_1) g\rho}{2}(H - d_1) = \frac{mg\rho}{2d\rho_d}(H - \frac{d\rho_d}{\rho})^2 \qquad \textbf{(2 boda)}$$

$$= 1.22625 \text{ J} \qquad \textbf{(1 bod)}$$

3. zadatak (11 bodova)

a) U svakoj točki vrijedi jednadžba stanja idealnog plina:

$$p_i V_i = nRT_i \text{ pri čemu je } i = \text{A,B,C,D,X}$$

pa su temperature u pojedinim točkama:

$$T_A = \frac{4p_o V_o}{nR} = T_D,\ T_B = \frac{6p_o V_o}{nR},\ T_C = \frac{3p_o V_o}{nR} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

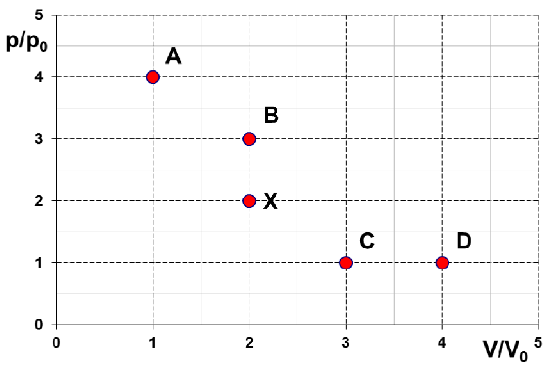
U zadatku je zadano da u točki X vrijedi:

$$p_X V_B = nRT_A$$

Pomoću gornjih jednadžbi dobije se da je tlak u točki X:

$$p_X = \frac{p_A}{2} = 2p_o \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Položaj točke X na grafu:



(1 bod)

b) Prema prvom zakonu termodinamike vrijedi $Q = \Delta U + W$ pri čemu je W rad koji obavlja plin (i suprotnog je predznaka od rada koji se obavlja nad plinom), a $\Delta U = nC_V \Delta T = n\frac{3}{2}R\Delta T$ je promjena unutarnje energije plina. Rad koji plin obavi je („površina“ ispod linije koja spaja B i C):

$$W_{BC} = p_o V_o \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Promjena unutarnje energije iz stanja B u stanje C:

$$\Delta U_{BC} = -\frac{9}{2}p_o V_o \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Izmijenjena toplina pri prijelazu iz B u C je:

$$Q_{BC} = \Delta U_{BC} + W_{BC} = -\frac{7}{2}p_o V_o \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Plin pri prijelazu iz B u C predaje toplinu okolini. **(1 bod)**

4. zadatak (9 bodova)

Pozitivan naboj q selimo iz točke manjeg potencijala u točku većeg potencijala, pa je potrebno obaviti rad koji je jednak razlici potencijalnih energija naboja q u te dvije točke:

$$W_{AB} = E_{PotB} - E_{PotA} = q(\varphi_B - \varphi_A)$$ **(2 boda)**

Razlika potencijala u točkama B i A je:

$$\varphi_B - \varphi_A = (\varphi_{1B} + \varphi_{2B} + \varphi_{3B}) - (\varphi_{1A} + \varphi_{2A} + \varphi_{3A})$$ **(3 boda)**

Električni potencijal od kugle 3 u točkama A i B je jednak:

$$V_{3A} = V_{3B}$$ (**1 bod)**

Traženi rad je:

$$W_{AB} = qk\left[\left(\frac{Q_1}{10r} + \frac{Q_2}{r}\right) - \left(\frac{Q_1}{r} + \frac{Q_2}{10r}\right)\right]$$

$$= \frac{qk}{r}(Q_1 - Q_2)\left(\frac{1}{10} - 1\right) = \frac{9}{10}\frac{qk}{r}(Q_2 - Q_1)$$ **(2 boda)**

$$= \frac{9}{10}\frac{2\cdot 10^{-9}\cdot 9\cdot 10^{9}}{0.1} 20\cdot 10^{-9}\ \text{J} = 3240\text{nJ}$$ **(1 bod)**

5. zadatak (11 bodova)

Spajanjem na bateriju kondenzator C_1 se nabije tako da je njegov naboj:

$$Q = C_1 U$$ **(1 bod)**

Odspajanjem od baterije i spajanjem s kondenzatorom C_2 taj naboj se preraspodjeljuje i vrijedi:

(1) $$Q_1 + Q_2 = Q$$ **(2 boda)**

$$U_1 = U_2$$ **(2 boda)**

Zadnja jednadžba se može napisati kao :

(2) $$\frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2}$$

Rješavanjem sustava kojeg čine (1) i (2) dobije se:

$$Q_2 = \text{U}\frac{\text{C}_1 C_2}{C_1 + C_2}$$ **(1 bod)**

$$= 5.3\mu\text{C}$$ **(1 bod)**

$$U_2 = \text{U}\frac{\text{C}_1}{C_1 + C_2}$$ **(1 bod)**

$$= 2.67\text{V}$$ **(1 bod)**

b) Približavanjem ploča kapacitet prvog kondenzatora se poveća dva puta pa iznosi 8 μF **(1 bod)**

Rješavanjem sustava (1) i (2), ali uvrštavajući $C_1 = 8$ μF, dobije se:

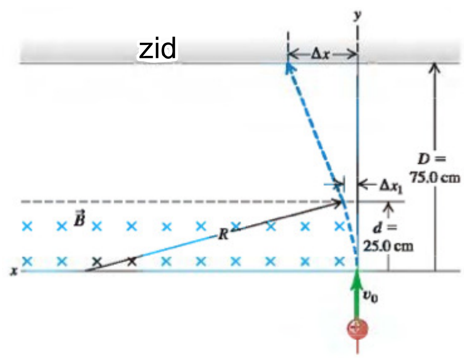
$$Q_2 = 6.4\ \mu\text{F}$$ **(1 bod)**

- **Ispravka - SŠ - 2. skupina, rješenje 3. zadatka**
  $W(BC) = 2\ p_0V_0$ pa je konačni rezultat $Q(BC) = -\ 5/2\ p_0V_0$

  Ispravka - SŠ - 2. skupina, rješenje 5. zadatka
  $Q_2 = 3.2\ \mu C$ (a ne $6.4\ \mu C$)

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011/2012 – 29. veljače 2012.
Srednje škole – 3. skupina

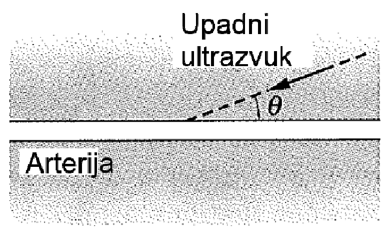
Zadatak 1. (10 bodova)



Čestica naboja 2.15 μC i mase 3.2×10^{-11} kg početno se giba u smjeru +*y* brzinom v_0 = 1.45×10^{5} m/s. Zatim ulazi u područje koje sadrži jednoliko magnetsko polje koje usmjereno u, i okomito na, list papira (slika). Jakost polja je 0.42 T. Područje se proteže 25 cm duž početnog smjera kretanja čestice; a 75 cm od mjesta ulaska u magnetsko polje nalazi se zid. Kada čestica ulazi magnetsko polje, kreće se po zakrivljenoj liniji polumjera *R*. Zatim napušta magnetsko polje nakon vremena t_1, nakon što je učinila otklon Δx_1 u odnosu na početni smjer. Čestica se zatim giba u području bez polja i udara u zid pri čemu je ukupni otklon Δx. (a) izračunajte polumjer *R* zakrivljenog dijela puta. (b) odredite t_1, vrijeme koje čestica provodi u magnteskom polju. (c) odredite Δx_1, horizontalni otklon na točki izlaza iz polja. (d) odredite Δx, ukupni horizontalni otklon.

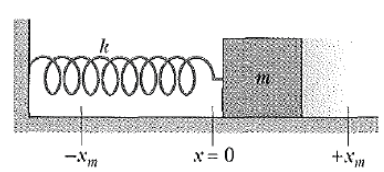
Zadatak 2. (10 bodova)

Ultrazvuk, koji se sastoji od zvučnih valova frekvencija viših od one koje ljudsko uho može detektirati, može se koristiti u svrhu dobivanja slika unutrašnjosti ljudskog tijela. Nadalje, ultrazvuk se može koristiti za određivanje brzine krvi u tijelu; usporedbom frekvencije ultrazvuka koji je poslan u tijelo s frekvencijom ultrazvuka koji je reflektiran na površinu ljudskog tijela preko krvi. Kako krv pulsira, tako se mijenja opažena frekvencija.



Pretpostavi da ultrazvučna slika ljudske ruke prikazuje arteriju koja se nalazi pod kutom od θ = 20° u odnosu na liniju širenja ultrazvuka (slika). Neka je frekvencija reflektiranog ultrazvuka povećana za najviše 5495 Hz u odnosu na frekvenciju izvornog ultrazvuka, koja iznosi 5 000 000 Hz. (a) Koji je smjer protoka krvi na slici (u lijevo ili u desno)? (b) Brzina zvuka u ljudskoj krvi je 1540 m/s. Kolika je maksimalna brzina protoka krvi? (c) Da je kut θ veći od zadanog, bi li reflektirana frekvencija bila veća ili manja?

Zadatak 3. (10 bodova)

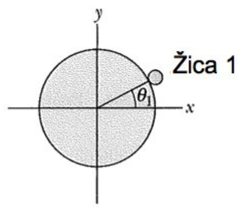


Jednolika opruga konstante *k* = 8600 N/m presiječena je na dva dijela, 1 i 2, čije su nerastegnute (prirodne) duljine L_1 = 7 cm i L_2 = 10 cm. Kolike su konstante (a) k_1 i (b) k_2? Tijelo pričvršćeno za izvornu oprugu (slika) oscilira frekvencijom 200 Hz. Kolike su frekvencije oscilacija kada je tijelo pričvršćeno za (c) 1 dio i (d) 2 dio?

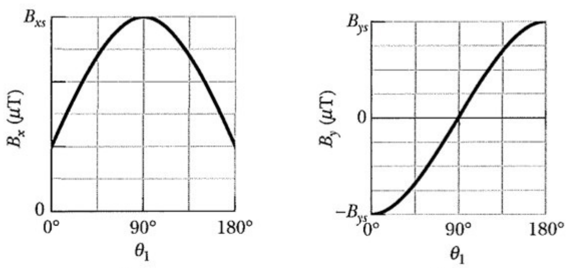
ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011/2012 – 29. veljače 2012.
Srednje škole – 3. skupina

Zadatak 4. (10 bodova)

Dvije dugačke tanke ravne žice kroz koje teče električna struja nalaze se na vanjskoj površini jednako dugačkog plastičnog cilindra, na polumjeru R = 20 cm od njegove srednje osi. Na slici (*a*) je prikazan (u poprečnom presjeku) cilindar i žica 1 ali NE i žica 2. Žica 2 je fiksna a žica 1 se miče po površini cilindra, od kuta θ_1 = 0º do kuta θ_1 = 180º, kroz prvi i drugi kvadrant koordinatnog sustava. Ukupno magnetsko polje $\boldsymbol{B}$ u središtu cilindra mjeri se u ovisnosti o kutu θ_1. Na slici (*b*) prikazana je komponenta *x*, B_x, tog polja, kao funkcija kuta θ_1 (vertikalna skala dana je s B_{xs} = 6 μT), a na slici (*c*) komponenta *y*, B_y, (vertikalna skala dana je s B_{ys} = 4 μT). (a) Na kojem kutu θ_2 se nalazi žica 2? Koliki su (b) jakost i (c) smjer (unutar ili van lista papira) elekrične struje u žici 1 i (d) jakost i (e) smjer električne struje u žici 2?



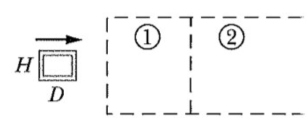
(*a*)



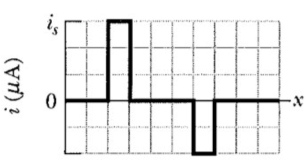
(*b*) (*c*)

Zadatak 5. (10 bodova)

Na slici (*a*) je prikazana pravokutna vodljiva petlja otpora R = 0.02 Ω, visine H = 1.5 cm, i duljine D = 2.5 cm koja konstantnom brzinom v = 40 cm/s prolazi kroz dva jednolika magnetska polja. Na slici (*b*) prikazana je struja i inducirana u petlji kao funkcija položaja x desne strane petlje. Os *y* dana je s i_s = 3 μA. Npr., struja i_s inducirana je u smjeru kazaljke na satu kako petlja ulazi u područje 1. Koliki su (a) jakost i (b) smjer (unutar ili van lista papira) magnetskog polja u području 1? Koliki su (c) jakost i (d) smjer magnetskog polja u području 2?



(*a*)



(*b*)

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011/2012 – 29. veljače 2012.
Srednje škole – 3. skupina

Zadatak 1. (10 bodova)

U magnetskom polju, $R = \dfrac{mv}{qB}$. Nakon što čestica napusti magnetsko polje giba se pravocrtno.

Cijelo vrijeme gibanja brzina čestice je konstantna. **[1 bod]**

a) $R = \dfrac{mv}{qB} = 5.14\ \text{m}$. **[1 bod]**

b) Situacija je skicirana na kraju rješenja. **[1 bod]**
Duljina krivulje koju čestica prolazi, *d*, dana je s $d = R\theta$. **[1 bod]**

$\sin\theta = \dfrac{0.25\,\text{m}}{5.14\,\text{m}} \Rightarrow \theta = 2.79° = 0.0487\,\text{rad}$. Iz toga računamo $d = R\theta = 0.25\,\text{m}$. **[1 bod]**

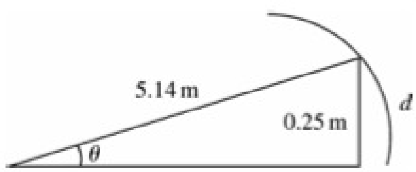
$t = \dfrac{d}{v} = 1.72 \times 10^{-6}\ s.$
[1 bod]

c) $\Delta x_1 = d\tan(\theta/2) = 6.09 \times 10^{-3}\ \text{m}$. **[1 bod]**

d) $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$, gdje je Δx_2 horizontalni pomak čestice iz mjesta gdje napušta polje do mjesta gdje udara u zid. $\Delta x_2 = (0.5\,\text{m})\tan 2.79° = 0.0244\ \text{m}$. **[2 boda]**

Dakle $\Delta x = 6.09 \times 10^{-3}$ m + 0.0244 m = 0.0305 m. **[1 bod]**

Budući da je *d* mnogo manji od *R*, horizontalni odmak čestice je mnogo manji od udaljenosti koju čestica prelazi u smjeru *y*.



Zadatak 2. (10 bodova)

a) Krv teče u desno, budući da je Dopplerov pomak u frekvenciji pozitivan, $\Delta f > 0$. **[2 boda]**

b) Prijem ultrazvuka pomoću krvi i naknadno reemitiranje signala pomoću krvi prema detektoru je proces u dva koraka koji se može napisati u obliku:

$f + \Delta f = f\left(\dfrac{v + v_x}{v - v_x}\right)$, gdje je $v_x = v_{\text{krv}}\cos\theta$. **[3boda]**

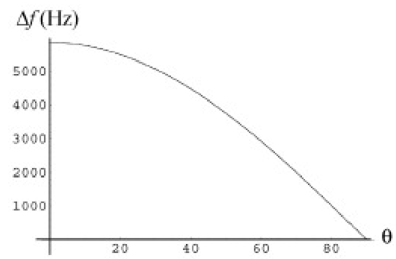
Ukoliko napišemo omjer frekvencija kao $R = \dfrac{(f + \Delta f)}{f}$, tada je rješenje gornje jednadžbe za brzinu krvi: $v_{\text{krv}} = \dfrac{(R-1)v}{(R+1)\cos\theta} = 0.9\ \text{m/s}$, **[2 boda]**

Gdje je v = 1540 m/s, □ = 20° i $R = 1 + 5495/5 \times 10^6$.

c) Pitanje je kako se Δf (uzimamo pozitivno, budući se detektor nalazi „ispred“) mijenja s promjenom kuta □. Budući da veći □ znači manju horizontalnu komponentu brzine, v_x, očekujemo da će se Δf smanjivati prema 0 kako se □ povećava prema 90°. **[3 boda]**

Opaska: Izraz za v_{krv} možemo pisati kao:

$\Delta f = \left(\dfrac{2v_{\text{krv}}\cos\theta}{v - v_{\text{krv}}\cos\theta}\right) f.$



Graf promjene frekvencije Δf kao funkcija □ prikazan je na slici. Uistinu, vidi se da se Δf smanjuje kako se □ povećava.

Zadatak 3. (10 bodova)

a) Pogledajmo jednu oprugu konstante k i duljine (prirodne) L. Jedan kraj pričvršćen je za zid a za drugi kraj je pričvršćeno tijelo. Ukoliko oprugu rastegnemo za Δx, iznos sile koja djeluje na tijelo je $F = k\Delta x$. Sada zamislimo da su to u stvari dvije opruge s konstantama k_1 i k_2, smještene tako da je opruga 1 pričvršćena za tijelo. Ukoliko oprugu 1 rastegnemo za Δx_1 tada je iznos sile koja djeluje na tijelo $F = k_1\Delta x_1$. Ova sila mora biti jednaka kao i kada imamo jednu oprugu, prema tome $k\Delta x = k_1\Delta x_1$. **[2 boda]**

Moramo odrediti odnos između Δx i Δx_1. Budući da su opruge jednolike, jednake nerastegnute duljine povećavaju se za jednaki iznos i produljenje bilo kojeg dijela opruge proporcionalno je njenoj nerastegnutoj duljini. To znači da je opruga 1 rastegnuta za $\Delta x_1 = CL_1$, a opruga 2 je rastegnuta za $\Delta x_2 = CL_2$, gdje je C konstanta proporcionalnosti. Ukupno produljenje je:

$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = C\left(L_1 + L_2\right) = CL_2\left(n+1\right)$, gdje je $L_1 = nL_2$. **[2 boda]**

To nadalje možemo pisati u obliku: $\Delta x = CL_1\left(n+1\right)/n$. Uvrštavamo $\Delta x = CL_1$ i $\Delta x = CL_1\left(n+1\right)/n$ u $k\Delta x = k_1\Delta x_1$ i rješavamo za k_1. Budući da je k = 8600 N/m i $n = L_1/L_2 = 0.7$, dobiva se

$$k_1 = \left(\frac{n+1}{n}\right)k = 20886\ \mathrm{N/m}.$$ **[2 boda]**

b) Pretpostavimo sad da se objekt nalazi na drugom kraju spojene opruge, tako da opruga 2 djeluje silom na njega. Sada je $k\Delta x = k_2\Delta x_2$. Koristimo $\Delta x_2 = CL_2$ i $\Delta x = CL_2\left(n+1\right)$ i rješavamo za k_2. Dobiva se $k_2 = k\left(n+1\right)$.

$$k_2 = \left(n+1\right)k = 14620\ \mathrm{N/m}.$$ **[2 boda]**

c) Da bi pronašli frekvenciju kada je opruga 1 pričvršćena za masu m, mijenjamo k u izrazu $\left(1/2\pi\right)\sqrt{k/m}$ sa $k\left(n+1\right)/n$. Korištenjem $f = \left(1/2\pi\right)\sqrt{k/m}$, i f = 200 Hz i n = 0.7 dobivamo

$$f_2 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\left(n+1\right)k}{nm}} = \sqrt{\frac{n+1}{n}}f = 3.1\times10^2\ \mathrm{Hz}.$$

[1 bod]

c) Da bismo pronašli frekvenciju kada je 2 opruga pričvršćena za masu m, mijenjamo k s $k(n+1)$ i dobivamo:

$$f_2 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\left(n+1\right)k}{m}} = \sqrt{n+1}f = 2.6\times10^2\ \mathrm{Hz}.$$ **[1 bod]**

Zadatak 4. (10 bodova)

Uočimo da kada ne postoji komponenta y magnetskog polja od žice 1 (to je, po pravilu desne ruke, kada se žica 1 nalazi na položaju 90º), ukupna y komponenta magnetskog polja je nula (slika (c)). To znači da se žica 2 nalazi na položaju +90º ili -90º. **[1 bod]**

a) Pretpostavimo da se žica 2 nalazi na položaju -90º (na dnu cilindra) budući da bi na položaju +90º predstavljala prepreku za gibanje žice 1 (koje je nužno da bi se izmjerilo magnetsko polje u svim točkama na grafu). **[1 bod]**

b) Kada je žica jedan na položaju 0º B_{1x} je jednako 0 pa vrijednost B_x koju očitavamo s grafa (2 μT) dolazi u potpunosti od žice 2, tj. B_{2x} = 2 μT. Pogledamo li vrijednost polja u točki

+90º na slici (*b*), uočavamo da je komponenta *x* ukupnog magnetskog polja, $B_{x,uk}$, jednaka 6 μT, što znači da je $B_{1x} = 6\,\mu\mathrm{T} - 2\,\mu\mathrm{T} = 4\,\mu\mathrm{T}$ u situaciji kada se žica 1 nalazi na položaju 90º.

Iz toga proizlazi $i_1 = \dfrac{2\pi R B_{1x}}{\mu_0} = 4\,\mathrm{A}$. **[2 boda]**

c) Budući da se na slici (*b*) polje povećava kako se kut povećava od 0º do 90º, to nam ukazuje na to da je smjer struje u žici 1 <u>izvan</u> lista papira, što je u skladu s poništenjem B_y u položaju $\theta_1 = 90º$. **[2 boda]**

d) Već smo naveli da je $B_{2x} = +2\mu T$. Jakost struje je:

$$i_2 = \frac{2\pi R B_{2x}}{\mu_0} = 2\ \mathrm{A}.$$

[2 boda]

e) Pravilom desne ruke zaključujemo da je smjer električne struje u žici 2 <u>unutar</u> lista papira. **[2 boda]**

Zadatak 5. (10 bodova)

Upotrebom Ohmovog zakona, povezujemo induciranu struju s elektromotornom silom:

$$i = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{1}{R}\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|.$$ **[1 bod]**

Kako petlja prelazi granicu između područja 1 i 2 (tako da "*x*" označava duljinu petlje u području 2 a "*D-x*" duljinu petlja koja je ostala u području 1) tok je

$$\Phi_B = xHB_2 + (D-x)HB_1 = DHB_1 + xH(B_2 - B_1).$$ **[2 boda]**

To znači:

$$\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t}H(B_2 - B_1) = vH(B_2 - B_1) \quad \Rightarrow \quad i = vH(B_2 - B_1)/R.$$ **[2 boda]**

Isto razmatranje vrijedi (uz zamjenu "B_1" s 0 i "B_2" s B_1) kada petlja na početku prelazi iz područja bez polja (lijevo na slici u zadatku) u područje 1. **[1 bod]**

a) U ovom drugom slučaju uvrštavanje u izraz daje:

$$3\times10^{-6}\,\mathrm{A} = (0.4\,\mathrm{m/s})(0.015\,\mathrm{m})B_1/(0.02\,\Omega)$$

Iz toga proizlazi $B_1 = 10\ \mu\mathrm{T}$. **[1 bod]**

b) Lenzovo pravilo kazuje nam da je smjer u području 1 <u>izvan</u> stranice papira. **[1 bod]**

c) Na isti način kao u a), $i = vH(B_2 - B_1)/R$ dovodi do $B_2 = 3.3\ \mu\mathrm{T}$. **[1 bod]**

d) Smjer $\vec{B}_2$ je <u>izvan</u> lista papira. **[1 bod]**

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011/2012 – 29. veljače 2012.
Srednje škole – 4. skupina

1. zadatak (10 bodova)

Simetrična konveksna leća žarišne daljine f prerezana je na dva jednaka dijela (zanemarivom debljinom reza) okomito na optičku os. Dobivena ravna ploha ispolirana je i posrebrena tako da nastane zrcalo. Kamo treba staviti predmet ispred konveksne strane dobivenoga optičkog elementa da bi se slika preklopila točno preko predmeta?

2. zadatak (10 bodova)

Deset radio antena smješteno je na pravcu tako da su susjedne antene međusobno udaljene 500m. Sve antene spojene su na zajednički prijemnik na način da signali koji istovremeno stignu na antene dolaze istovremeno i u prijemnik. Takav sustav čini radio-teleskop kojim se detektiraju radio-zvijezde. Promatraj zvijezde koje su u ravnini u kojoj su i antene, i to blizu simetrale sustava antena, to jest blizu okomice koja raspolavlja liniju antena. a) Koliki je najmanji kutni razmak među položajima zvijezda za koje će se javljati najintenzivniji maksimumi u prijemniku? b) Kolika može biti najmanja kutna udaljenost među dvjema bliskim zvijezdama da bi ih sustav razlučio kao dvije različite? Za valnu duljinu emitiranja zvijezda uzmi 21cm.

3. zadatak (10 bodova)

Određeni leptiri nemaju pigment koji bi im davao boju, no ipak su obojenih krila. Podrijetlo obojenosti može se razumjeti promatrajući kutnu ovisnost boje. Pretpostavite da se na ravnoj površini krila čije tkivo je indeksa loma većeg od 1,4 nalazi tanki ravni homogeni sloj indeksa loma 1,3 (neovisan o valnoj duljini). a) Pod kojim kutom treba gledati krilo s obzirom na njegovu okomicu da bi ono bilo zelene boje (540 nm) ako pri gledanju pod kutom 27º ono izgleda crveno (680 nm), pri čemu se boja mijenja kontinuirano s naginjanjem kuta? b) Što možeš reći o debljini reflektirajućeg sloja? c) U stvarnosti, krilo najčešće nije jednobojno, nego sa šarama. Kako to objašnjavaš?

4. zadatak (10 bodova)

Profesorica sa Zemlje održava ispit na daljinu za studente koji putuju u svemirskom brodu brzinom v s obzirom na Zemlju. Studentima želi omogućiti pisanje ispita u trajanju T u njihovu sustavu. U trenutku kada brod prolazi pored profesorice, ona signalizira početak ispita. Koliko profesorica treba čekati nakon toga u sustavu Zemlje prije nego što pošalje svjetlosni signal prema brodu koji će studentima kada ga dobiju reći da prestanu pisati? Izvrijedni dobiveni izraz uz T=1h uzimajući zasebno v=0.1c, v=0.5c i v=0.9c.

5. zadatak (10 bodova)

Promotri kuglasti objekt polumjera a i homogene gustoće ρ koji lebdi u sunčevu sustavu pod djelovanjem Sunca (zanemari djelovanje planeta i drugih nebeskih tijela na objekt). Objekt potpuno apsorbira Sunčevo zračenje. a) Izvedi izraz za a uzimajući da je ukupna snaga koju emitira Sunce P. b) Izračunaj a za čestice leda (ρ = 1000kg/m3) i znajući da intenzitet Sunčeva zračenja blizu površine Zemlje koja je od njega udaljena $150\cdot10^6$km iznosi oko 1,35kW/m^2. Masa sunca je $M_S=2\cdot10^{30}$kg. c) Što se događa s krupnijim, a što sa sitnijim česticama. Ova je pojava povezana s repaticama.

G=6,67·10-11m3/kgs2, h=6,626·10-34Js, c=3·108m/s, ε0=8,854·10-12F/m, e=1,6·10-19C

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011/2012 – 29. veljače 2012.
Srednje škole – 4. skupina
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (10 bodova)

Prerezana leća žarišne daljine f kombinacija je dvije jednake polovice žarišnih daljina f_1 za koje vrijedi $\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_1}=\frac{1}{f}$, iz čega slijedi $f_1=2f$. To se može dobiti i iz izraza za žarišnu daljinu sfernih dioptara, gdje se umjesto dva polumjera zakrivljenosti javlja jedan, dok drugi postaje beskonačan. **(2 b)**

Zatim jednadžba za polovicu leće glasi $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f_1}$, gdje je a udaljenost predmeta od leće. **(1 b)**

Potom ravno zrcalo smješteno pri samom izlasku iz leće od predmeta koji je na udaljenosti b od zrcala daje sliku na udaljenosti b koja je sada virtualna slika, to jest daje predmet za ponovni lom na leći koji se nalazi na $-b$. **(2 b)**

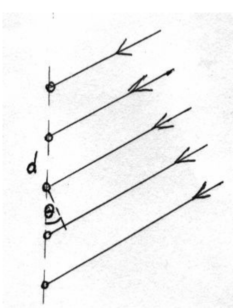
Za ponovni lom stoga možemo pisati $-\frac{1}{b}+\frac{1}{a}=\frac{1}{f_1}$ jer se konačna slika treba naći u a gdje je bio i početni predmet. **(2 b)**

Zbrajanjem jednadžbi dobije se $a = f_1$, tj $a = 2f$, kao mjesto gdje treba staviti predmet da bi se slika poklopila s njime. **(2 b)**

Ispravna skica s oznakama i zrakama donosi **(1 b)**

[Može se prihvatiti i druga rješenja kao što je sljedeće. U jednadžbi leće $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$ zbog nametnute zrcalne simetrije poklapanje slike i predmeta će se dogoditi uz uvjet $a = b$ (samo što će b biti s iste strane kao i a), što daje koordinatu kamo treba staviti predmet $a = 2f$.]

2. zadatak (10 bodova)

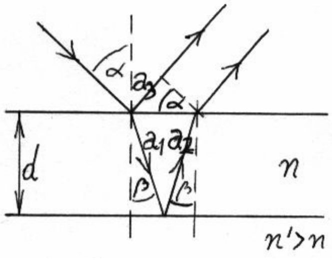


a) Interferencijski maksimum pojavljuje se za $d \sin\theta = k\,\lambda$. **(1 b)**
Zbog $d >> \lambda$ je $\sin\theta \approx \theta$ pa su susjedni maksimumi (za $\Delta k = 1$) udaljeni $\Delta\theta = \lambda/d$ = 0,00042rad = 0.024° = 1,44'. **(2 b)**

b) Kriterij razlučivosti dvaju izvora je da se maksimum jednog nađe gdje i minimum drugog. **(1 b)**
Uvjet za najintenzivnije maksimume je $d\,\theta_M = k\,\lambda$. **(1 b)**
Minimumi pored njih javljaju se ako se zraka s prve i zadnje antene dodatno razlikuju za λ. **(1 b)**
Susjedne zrake se pritom dodatno razlikuju za približno $\lambda/10$, tj. $d\,\theta_m = k\,\lambda+\lambda/10$. **(2 b)**

Slijedi $\theta_m - \theta_M = \frac{\lambda}{d\cdot 10}$=0,144'=8,6''. **(2 b)**

3. zadatak (10 bodova)



a) Svjetlost koja upada iz zraka na tanki sloj lomi se tako da je $\sin\alpha = n \sin\beta$. **(1 b)**

Optička razlika puteva δ ostvarena je na dijelovima a_1, a_2 i a_3 (slika) te obje zrake imaju skok od $\lambda/2$. **(1 b)**

Iz jednostavne geometrije slijedi $\delta = 2nd/\cos\beta - 2d\,\mathrm{tg}\beta\sin\alpha = 2nd\cos\beta$. **(1 b)**

Uvjet za maksimum interferencije daje $2d\sqrt{n^2-\sin^2\alpha} = k\lambda$

(1 b)

Kontinuirana promjena obojenosti pri promjeni kuta javlja se kad k ostaje stalan pa promatrajući maksimume različitih valnih duljina pod različitim kutom slijedi $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha_1}}{\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha_2}}$. **(1 b)**

Budući da se pod kutom α_1=27° javlja crveni maksimum za λ_1=680nm, onda će se za λ_2=540nm zeleni maksimum pojaviti pod kutom α_2=60,3°. **(2 b)**

b) Debljina sloja je $d = \frac{k\lambda}{2\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}$ =$k\cdot$279nm, pa je njegova najmanja debljina 279nm. **(2 b)**

c) Prošaranost se može objasniti nehomogenom debljinom sloja što dovodi do toga da se pod istim kutom gledanja javljaju maksimumi reflektirane svjetlosti za različite valne duljine s različitih područja krila. **(1 b)**

4. zadatak (10 bodova)

U sustavu profesorice vremenski interval pisanja ispita iznosi $T_p = \frac{T}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$, gdje je T = 1h trajanje pisanja na brodu. **(2 b)**

Za to vrijeme brod se udalji vT_p od profesorice. **(2 b)**

Profesorica pošalje svjetlosni signal T_0 nakon prolaska broda, pa svjetlost prevali put $(T_p-T_0)c$ do dostizanja broda. **(2 b)**

Stoga iz $cT_p-cT_0=vT_p$ i odnosa T i T_p slijedi $T_0 = T\frac{\sqrt{c-v}}{\sqrt{c+v}}$. **(3 b)**

Za zadane brzine redom se dobije: 0,904h ; 0,577h ; 0,229h. **(1 b)**

5. zadatak (10 bodova)

a) Sila na sferni objekt zbog upadanja fotona je $F = \frac{I}{c}a^2\pi$, gdje je I intenzitet svjetlosti (to se može dobiti i iz količine gibanja koju predaju upadni fotoni po jedinici vremena). **(2 b)**

Intenzitet na udaljenosti r od Sunca iznosi $I = \frac{P}{4\pi r^2}$, gdje je P snaga zračenja Sunca. **(1 b)**

Ravnoteža gravitacijske i svjetlosne sile $\frac{GM_S m}{r^2} = \frac{Pa^2\pi}{4\pi c r^2}$ uz $m = \rho V = \frac{4\pi}{3}a^3\rho$ daje $a = \frac{3P}{16\pi c G M_S \rho}$ **(3 b)**

b) Ukupna snaga koja sa Sunca prođe kroz sfernu plohu na udaljenosti d od Sunca iznosi $P = I_d\cdot 4\pi d^2$, što daje $P = 3{,}82\cdot 10^{26}$W za snagu zračenja Sunca. **(2 b)**

Iz rješenja pod a) slijedi polumjer objekta a = 0,57μm. **(1 b)**

c) Krupnije čestice iste gustoće privučene su prema Suncu, a sitnije odbijene od njega. **(1 b)**