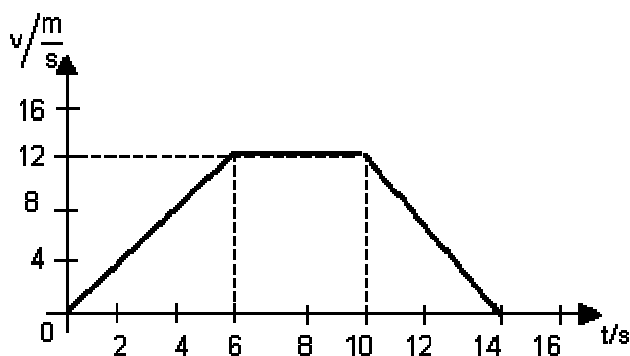


Područno (općinsko) natjecanje iz fizike

Zagreb, 22.02.2002

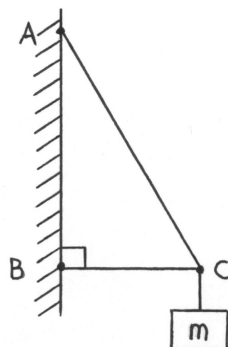
1. razred (skupina)

1. Iz zadanog v - t dijagrama odredi s - t i a - t dijagram, te naći srednju brzinu za prvih 10 sekundi gibanja ?

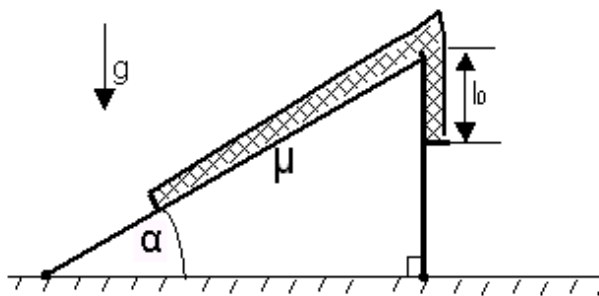


2. Prvo tijelo se izbacila na visinu H u horizontalnom smjeru, početnom brzinom $v_{0H}=10\text{m/s}$. U istom trenutku se s površine Zemlje vertikalno u vis, po pravcu koji je udaljen od mjesta izbacivanja prvog tijela za $d=20\text{m}$, izbacila drugo tijelo početnom brzinom $v_{0V}=40\text{m/s}$. Odredi visinu H uz uvjet da se tijela sudare u zraku te njihove brzine u trenutku sudara.

3. Uteg mase $m=10\text{kg}$ obješen je u točki C (slika). Odredi sile koje djeluju na štapove $\overline{AB} = 5\text{ dm}$ i $\overline{BC} = 3\text{ dm}$!



4. Na kosini nagiba $\alpha=30^\circ$ leži uže ukupne duljine l , čiji jedan dio duljine l_0 visi preko kosine (slika). Koliki dio od l može biti l_0 pa da uže ne sklizne s kosine ako je faktor trenja između užeta i kosine $\mu=0,3$. Trenje na vertikalnoj strani kosine zanemarimo kao i efekte na pregibu !

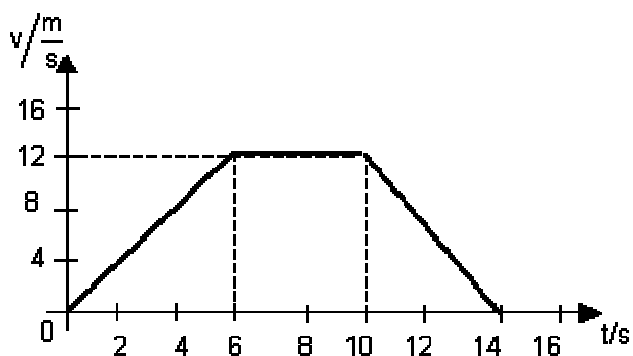


5. Tijelo mase $m_a=2\text{ kg}$ i brzine $v_a=10\text{ m/s}$, giba se u horizontalnoj ravnini prema tijelu mase $m_b=4\text{ kg}$ i brzine $v_b=2\text{ m/s}$, koje mu ide u susret. Treće tijelo mase $m_c=3\text{ kg}$ i $v_c=4\text{ m/s}$ giba se po pravcu okomito na pravac po kojem se gibaju prva dva tijela. Odrediti veličinu brzine i njezin smjer u odnosu na početni smjer gibanja prvog tijela, nakon što se sva tri tijela istovremeno sudare apsolutno neelastično !

Opaska : $g = 10\text{ m/s}^2$

Prvi razred (skupina) - RJEŠENJA

1. Iz zadanog v-t dijagrama odredi s-t i a-t dijagram, te naći srednju brzinu za prvih 10 sekundi gibanja ?



Rješenje

$$s_1 = \frac{6 \cdot 12}{2} = 36 \text{ m}$$

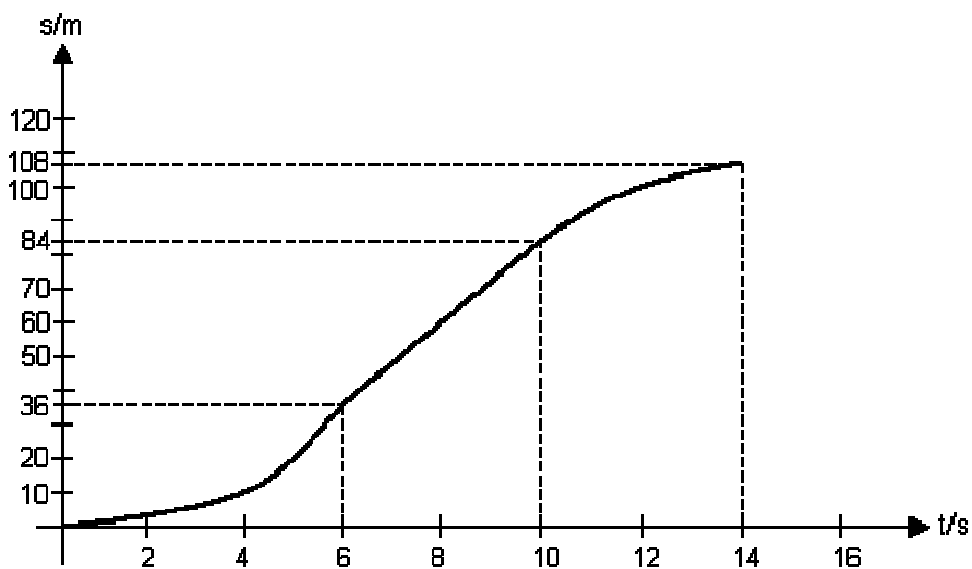
$$s_2 = (10 - 6) \cdot 12 = 48 \text{ m}$$

$$s_3 = \frac{(14 - 10) \cdot 12}{2} = 24 \text{ m}$$

$$s_U = 108 \text{ m}$$

$$s_{12} = s_1 + s_2 = 84 \text{ m}$$

(2 boda)



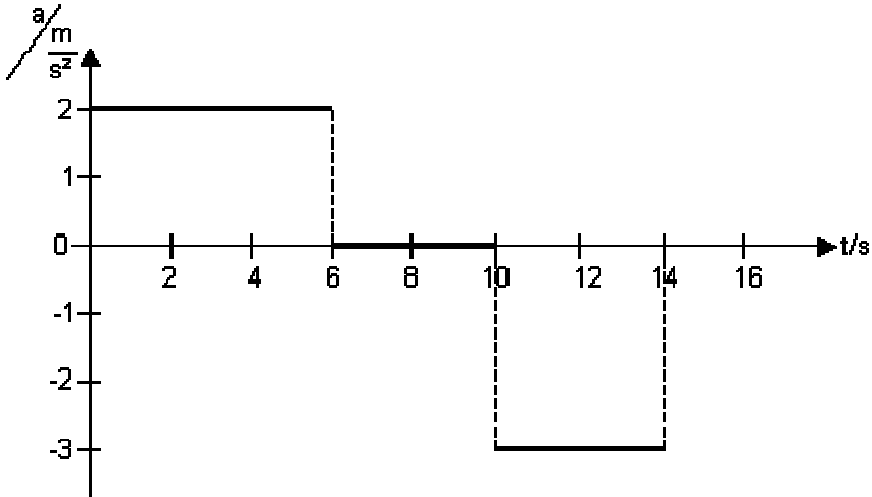
(2 boda)

$$a_1 = \frac{12-0}{6-0} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a_2 = \frac{12-12}{10-6} = 0 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

(2 boda)

$$a_3 = \frac{0-12}{14-10} = -\frac{12}{4} = -3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



(2 boda)

$$\bar{v}_{10} = \frac{s_{12}}{t_{10}} = \frac{84}{10} = 8.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(1 bod)

UKUPNO 9 BODOVA

2. Prvo tijelo se izbacuje na visini H u horizontalnom smjeru, početnom brzinom $v_{0H}=10\text{m/s}$. U istom trenutku se s površine Zemlje vertikalno u vis po pravcu koji je udaljen od mjesta izbacivanja prvog tijela za $d=20\text{m}$ izbacuje drugo tijelo početnom brzinom $v_{0V}=40\text{m/s}$. Odredi visinu H uz uvjet da se tijela sudare u zraku, te njihove brzine u trenutku sudara.

Rješenje

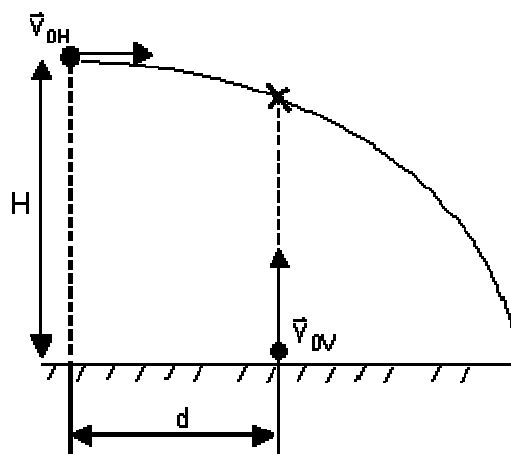
$$v_{0H} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$d = 20\text{m}$$

$$v_{0V} = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$H = ?$$

$$v_H, v_V = ?$$



(Slika 2 boda)

$$d = v_{0H} \cdot t_s \rightarrow t_s = \frac{d}{v_{0H}} = 2\text{s} \quad (3 \text{ boda})$$

$$H = \frac{g}{2} t_s^2 + v_{0V} \cdot t_s - \frac{g}{2} t_s^2 = v_{0V} \cdot t_s \quad (2 \text{ boda})$$

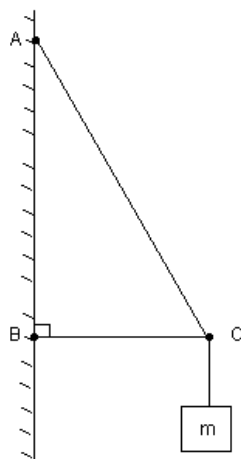
$$H = 40 \cdot 2 = 80\text{m}$$

$$v_v = v_{0V} - g \cdot t_s = 40 - 20 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (2 \text{ boda})$$

$$v_H = \sqrt{v_{0H}^2 + (g \cdot t_s)^2} = \sqrt{100 + 400} = 10\sqrt{5} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (2 \text{ boda})$$

UKUPNO 11 BODOVA

3. Uteg mase $m=10\text{kg}$ obješen je u točki C (slika). Odredi sile koje djeluju na štapove $\overline{AB} = 5\text{ dm}$ i $\overline{BC} = 3\text{ dm}$!



Rješenje

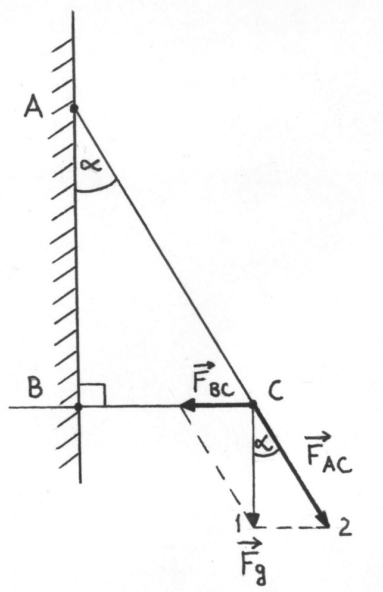
$$m = 10\text{ kg}$$

$$\overline{AC} = 5\text{ dm}$$

$$\overline{BC} = 3\text{ dm}$$

$$F_{AC} = ?$$

$$F_{BC} = ?$$



(Slika 2 boda)

$$\Delta ABC \cong \Delta C12$$

\Rightarrow

$$\frac{F_{BC}}{F_g} = \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}} \quad (2\text{ boda})$$

$$F_{BC} = F_g \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}} = mg \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}} = 100 \frac{3}{4} = 75\text{ N} \quad (1\text{ bod})$$

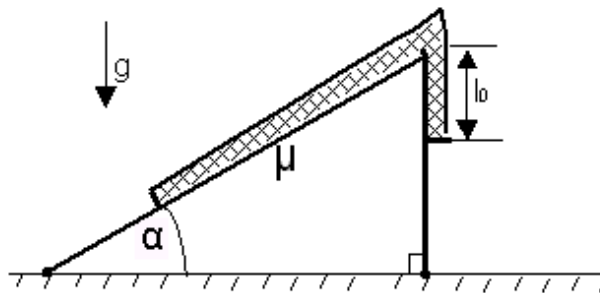
$$\frac{F_{AC}}{F_g} = \frac{\overline{AC}}{\overline{AB}} \quad (2\text{ boda})$$

$$F_{AC} = F_g \frac{\overline{AC}}{\overline{AB}} = mg \frac{\overline{AC}}{\overline{AB}} = 100 \frac{5}{4} = 125\text{ N} \quad (1\text{ bod})$$

$$\overline{AB} = \sqrt{\overline{AC}^2 - \overline{BC}^2} = 4\text{ dm}$$

UKUPNO 8 BODOVA

4. Na kosini nagiba $\alpha=30^\circ$, leži uže ukupne duljine l , čiji jedan dio, duljine l_0 , visi preko kosine (slika). Koliki dio od l može biti l_0 pa da uže ne sklizne s kosine ako je faktor trenja između užeta i kosine $\mu=0,3$. Trenje na vertikalnoj strani kosine zanemarimo kao i efekte na pregibu!

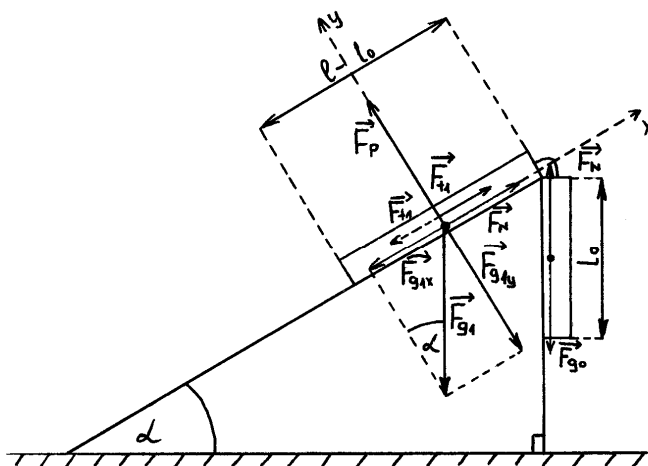


Rješenje

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\mu = 0,3$$

$$\frac{l_0}{l} = ?$$



(slika 2 boda)

Dva slučaja:

- a) Klizanje niz kosinu, uže miruje

$$F_{g1X} = \frac{1}{2} F_{g1} \quad (2 \text{ boda})$$

$$F_{g1Y} = \frac{\sqrt{3}}{2} F_{g1}$$

$$F_P = | -F_{g1Y} | = F_{g1Y}$$

$$F_0 = F_{g0}$$

$$F_{t1} = \mu \cdot F_P = \mu \cdot F_{g1Y} = \mu \frac{\sqrt{3}}{2} F_{g1}$$

(1 bod)

$$F_{g1} = m_1 \cdot g = \lambda \cdot (l - l_0) g \quad (2 \text{ boda})$$

$$F_{g0} = m_0 \cdot g = \lambda \cdot l_0 g$$

$$\lambda = \frac{m}{l} \text{ - linearna gustoća}$$

$$-F_{g1X} + F_{t1} + F_N = 0 \quad (1 \text{ bod})$$

$$-\frac{1}{2} \lambda (l - l_0) g + \mu \frac{\sqrt{3}}{2} \lambda (l - l_0) g + \lambda \cdot l_0 \cdot g = 0 \quad / \cdot 2$$

$$-l + l_0 + \sqrt{3} \mu \cdot l - \sqrt{3} \mu \cdot l_0 + 2l_0 = 0$$

$$l_0 (3 - \sqrt{3} \mu) = l (1 - \sqrt{3} \mu)$$

$$\frac{l_0}{l} = \frac{1 - \sqrt{3} \mu}{3 - \sqrt{3} \mu} = \frac{0,48}{2,48} = 0,19$$

(1 bod)

- b) Klizanje uz kosinu, uže miruje

$$-F_{g1X} - F_{t1} + F_N = 0 \quad (1 \text{ bod})$$

$$-\frac{1}{2}\lambda(l-l_0)g - \mu\frac{\sqrt{3}}{2}\lambda(l-l_0)g + \lambda\cdot l_0g = 0 \quad / \cdot 2$$

$$-l+l_0 - \sqrt{3}\mu\cdot l + \sqrt{3}\mu\cdot l_0 + 2l_0 = 0$$

$$l_0(3 + \sqrt{3}\mu) = l(1 + \sqrt{3}\mu)$$

$$\frac{l_0}{l} = \frac{1 + \sqrt{3}\mu}{3 + \sqrt{3}\mu} = \frac{1,52}{3,52} = 0,43 \quad (1 \text{ bod})$$

$$\frac{1 - \sqrt{3}\mu}{3 - \sqrt{3}\mu} \leq \frac{l_0}{l} \leq \frac{1 + \sqrt{3}\mu}{3 + \sqrt{3}\mu} \quad (1 \text{ bod})$$

$$0,19 \leq \frac{l_0}{l} \leq 0,43$$

UKUPNO 12 BODOVA

5. Tijelo mase $m_A = 2\text{kg}$ i brzine $v_A = 10\frac{\text{m}}{\text{s}}$, giba se u horizontalnoj ravnini prema tijelu mase $m_B = 4\text{kg}$ i brzine $v_B = 2\frac{\text{m}}{\text{s}}$, koje mu ide u susret. Treće tijelo mase $m_C = 3\text{kg}$ i brzine $v_C = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$ giba se po pravcu okomitom na pravac po kojem se gibaju prva dva tijela. Odrediti veličinu brzine i njen smjer, u odnosu na početni smjer gibanja prvog tijela, nakon što se sva tri tijela istovremeno sudare apsolutno neelastično !

Rješenja:

$$m_A = 2\text{kg}$$

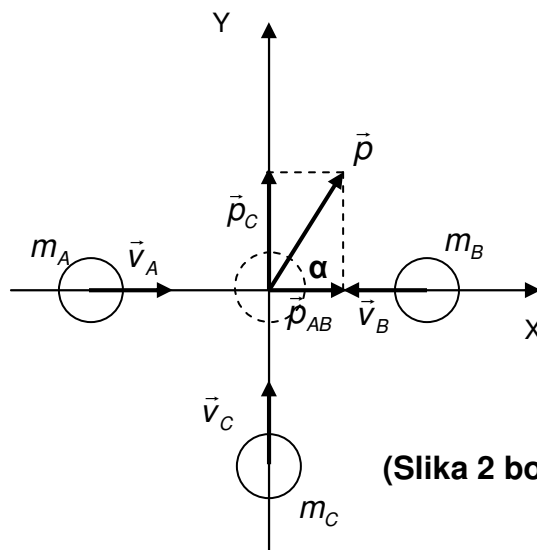
$$v_A = 10\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_B = 4\text{kg}$$

$$v_B = 2\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_C = 3\text{kg}$$

$$v_C = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$$



(Slika 2 boda)

$$v = ?$$

$$\alpha = ?$$

$$\vec{p}_C + \vec{p}_B + \vec{p}_A = \vec{p} \quad (1 \text{ bod})$$

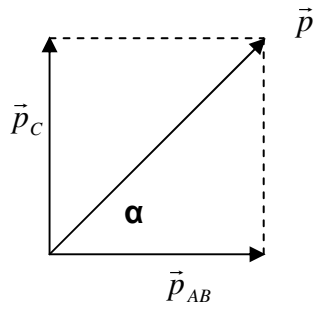
$$p_{AB} = m_A v_A - m_B v_B = 12 \frac{\text{kgm}}{\text{s}} \quad (1 \text{ bod})$$

$$p_C = m_C v_C = 12 \frac{\text{kgm}}{\text{s}} \quad (1 \text{ bod})$$

$$\Rightarrow p = \sqrt{p_{AB}^2 + p_C^2} = p_C \sqrt{2} = 12\sqrt{2} \frac{\text{kgm}}{\text{s}} \quad (1 \text{ bod})$$

$$p = (m_A + m_B + m_C)v \quad (1 \text{ bod})$$

$$\Rightarrow v = \frac{p}{m_A + m_B + m_C} = \sqrt{2} \frac{m_C v_C}{m_A + m_B + m_C} = \frac{4\sqrt{2}}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (1 \text{ bod})$$



(2 boda)

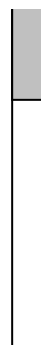
$$p_{AB} = p_C \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

UKUPNO 10 BODOVA

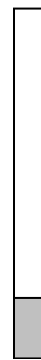
Područno (općinsko) natjecanje iz fizike
Zagreb, 22.02.2002
 2. razred (skupina)

1. U staklenoj cijevi koja je s jedne strane zataljena, a čija je dužina 70 cm, nalazi se stupac zraka zatvoren odozgo stupcem žive dužine 20 cm tako da je živa do kraja cijevi (sl.1). Cijev polako okrenemo, pri čemu se dio žive izlije (sl.2).

sl 1.



sl 2.



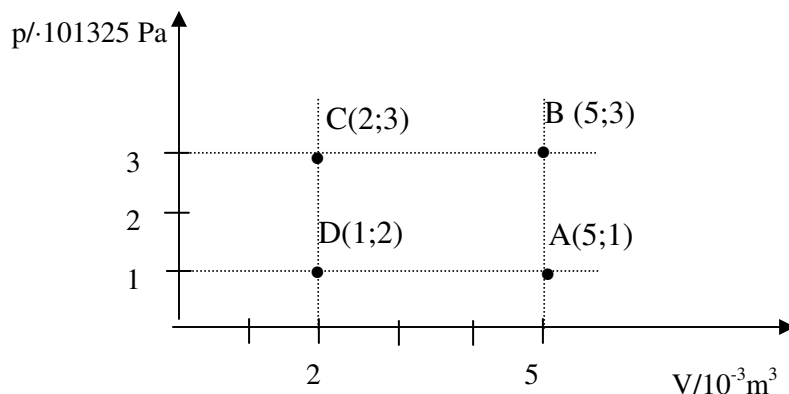
- a) Kolika je visina živinog stupca ostala u cijevi ako atmosferski tlak odgovara stupcu od 75 cm Hg?
- b) Pri kojoj će se dužini cijevi stupac žive iste visine sasvim izliti pri okretanju u poziciju na sl.2?

2. Neka količina dvoatomnog plina volumena 5 litara najprije je pod tlakom od 101325 Pa, a zatim pod tlakom od $3 \cdot 101325$ Pa i volumena

2

litre.

- a) Nađi promjenu unutrašnje energije, količinu topline i izvršeni rad ako se prijelaz iz prvog u drugo stanje odvija najprije po izohori, a zatim po izobari?
- b) Izračunaj isto u slučaju da se prijelaz iz prvog u drugo stanje odvija najprije po izobari pa po izohori.



3. U toplijem spremniku idealnog Carnotovog kružnog procesa su voda i para na 100°C , a u hladnijem spremniku su led i voda na 0°C .

- a) Koja se količina vodene pare mora kondenzirati u toplijem spremniku da bi se u hladnijem rastalilo 2 kg leda?
- b) Ako ciklusu promijenimo smjer, pa radi kao idealni hladnjak, kolika će se količina vode ispariti u toplijem spremniku da bi se u hladnijem spremniku zaledilo 2 kg leda?
- c) Izračunaj koeficijente iskorištenja oba stroja.

4. Oko metalne kugle radijusa 2 cm nalazi se koncentrična metalna sfera radijusa 4 cm. Na metalnoj kugli se nalazi naboj od 2×10^{-8} C, a na sferi negativni naboj od -4×10^{-8} C.

Nađi jakost električnog polja po iznosu i smjeru u točkama koje su udaljene:

- a) 1 cm od središta metalne kugle
- b) 3 cm od središta metalne kugle
- c) 6 cm od središta metalne kugle

5. Po vrhovima kvadrata stranica 4 cm su raspoređeni jednaki točkasti naboji od $6,6 \times 10^{-9}$ C.

- a) Nađi rad pri prenošenju naboja od $3,3 \times 10^{-9}$ C iz centra kvadrata do sredine jedne njegove stranice.
- b) Koliki je taj rad, ako su naboji međusobno jednaki po apsolutnoj vrijednosti, ali susjedni naboji imaju suprotne predznake.

Drugi razred (skupina) - RJEŠENJA

1.

U staklenoj cijevi koja je s jedne strane zataljena, a čija je dužina 70 cm, nalazi se stupac zraka zatvoren odozgo stupcem žive dužine 20 cm tako da je živa do kraja cijevi (sl. 1). Cijev polako okrenemo, pri čemu se dio žive izlije (sl. 2).

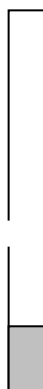
a) Kolika je visina živinog stupca ostala u cijevi ako atmosferski tlak odgovara stupcu od 75 cm Hg?

b) Pri kojoj će se dužini cijevi stup žive iste visine sasvim izliti pri okretanju u poziciju na sl.2?

sl 1.



sl 2.



Rješenje:

promjena je izotermna pa vrijedi:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$p_1 \cdot A \cdot h_1 = p_2 \cdot A \cdot h_2$$

$$p_1 \cdot h_1 = p_2 \cdot h_2$$

(1 bod)

$$p_1 = 95 \text{ cmHg}$$

$$h_1 = 50 \text{ cm}$$

$$p_2 = 75 - (20 - x) = (55 + x) \text{ cmHg}$$

$$h_2 = (50 + x) \text{ cm}$$

(2 boda)

a)

$$p_1 \cdot h_1 = p_2 \cdot h_2$$

$$95 \cdot 50 = (55 + x) \cdot (50 + x)$$

$$95 \cdot 50 = 55 \cdot 50 + 105x + x^2$$

$$x^2 + 105x - 2000 = 0$$

(2 boda)

$$x = 16,5 \text{ cm}$$

$$h_2 = 20 \text{ cm} - 16,5 \text{ cm} = 3,5 \text{ cm}$$

(1 bod)

b)

$$p_1 = 95 \text{ cmHg}$$

$$h_1 = y \text{ cm}$$

$$p_2 = 75 \text{ cmHg}$$

$$h_2 = (y + 20) \text{ cm}$$

(2 boda)

$$p_1 h_1 = p_2 h_2$$

$$95 \cdot y = 75 \cdot (y + 20)$$

$$20y = 1500$$

$$y = 75 \text{ cm}$$

(2 boda)

Odgovor: 95 cm i više (2 boda)

UKUPNO 12 BODOVA

2.

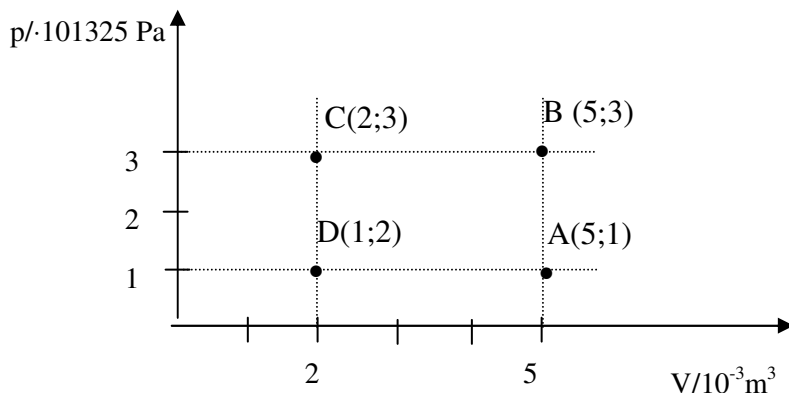
Neka količina dvoatomnog plina volumena 5 litara najprije je pod tlakom od 101325 Pa, a zatim pod tlakom od 3×101325 Pa i volumena 2 litre.

a) Nađi promjenu unutrašnje energije, količinu topline i izvršeni rad ako se prijelaz iz prvog u drugo stanje odvija najprije po izohori, a zatim po izobari?

b) Izračunaj isto u slučaju da se prijelaz iz prvog u drugo stanje odvija najprije po izobari pa po izohori.

Rješenje

$$\begin{aligned} p_A &= 101325 \text{ Pa} \\ V_A &= 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ p_B &= 3 \times 101325 \text{ Pa} \\ V_C &= 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Error! K

Error! K

Error! K

$$\begin{aligned} c_p &= 7/2 R \quad \text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \\ c_v &= 5/2 R \quad \text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \end{aligned}$$

(4 boda)

Error! K

a)

$$W_{AB} = 0$$

$$\Delta U_{AB} = n \cdot c_v \cdot (T_B - T_C) = 2533,1 \text{ J}$$

$$\Delta Q_{AB} = \Delta U_{AB} = 2533,1 \text{ J}$$

$$W_{BC} = p \cdot \Delta V = n \cdot R \cdot (T_C - T_B) = -911,9 \text{ J}$$

$$\Delta U_{BC} = n \cdot c_v \cdot (T_C - T_B) = -2279,8 \text{ J}$$

$$\Delta Q_{BC} = n \cdot c_p \cdot (T_C - T_B) = -3191,7 \text{ J}$$

$$W = -911,9 \text{ J}$$

$$\Delta U = 253,3 \text{ J}$$

$$Q = -658,6 \text{ J}$$

$$Q = W + \Delta U$$

(4 boda)

b)

$$W_{AD} = n \cdot c_v \cdot (T_D - T_A) = -304,0 \text{ J}$$

$$\Delta U_{AD} = -n \cdot c_v \cdot (T_D - T_A) = -760 \text{ J}$$

$$\Delta Q_{AD} = n \cdot c_p \cdot (T_D - T_A) = -1063,9 \text{ J}$$

$$W = -304 \text{ J}$$

$$\Delta U = 253,3 \text{ J}$$

$$Q = -50,7 \text{ J}$$

$$Q = W + \Delta U$$

(4 boda)

$$W_{DC} = 0 \text{ J}$$

$$\Delta U_{DC} = n \cdot c_v \cdot (T_C - T_D) = 1013,3 \text{ J}$$

$$\Delta Q_{DC} = \Delta U_{DC} = 1013,3 \text{ J}$$

UKUPNO 12 BODOVA

3.

U toplijem spremniku idealnog Carnotovog kružnog procesa su voda i para na 100°C , a u hladnijem spremniku su led i voda na 0°C .

- Koja se količina vodene pare mora kondenzirati u toplijem spremniku da bi se u hladnom rastalilo 2 kg leda?
- Ako ciklusu promijenimo smjer, pa radi kao idealni hladnjak, kolika će se količina vode ispariti u toplijem spremniku da bi se u hladnijem spremniku zaledilo 2 kg leda?
- Izračunaj koeficijente iskorištenja oba stroja.

$$T_T = 373 \text{ K}$$

$$T_H = 273 \text{ K}$$

$$Q_T = 22,6 \cdot 10^5 \cdot m_p \text{ J}$$

$$Q_H = 2 \cdot 33,4 \cdot 10^4 \text{ J} = 6,68 \cdot 10^5 \text{ J}$$

(2 boda)

a)

Error!

$$\frac{T_H}{T_T} = \frac{Q_H}{Q_T}$$

$$\frac{273}{373} = \frac{6,68 \cdot 10^5}{22,6 \cdot 10^5 m_p}$$

$$m_p = 0,404 \text{ kg vodene pare kondenzira}$$

(2 boda)

b)

Error!

$$Q_H \cdot T_T = T_H \cdot Q_T$$

$$\frac{T_M}{T_T} = \frac{Q_H}{Q_T}$$

$$Q_T = m_p \cdot 2,26 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$Q_H = 6,68 \cdot 10^5 \text{ J}$$

(2 boda)

$$m_p = 0,404 \text{ kg vode ispari}$$

c)

Error!

Error!

(2 boda)

UKUPNO 8 BODOVA

4.

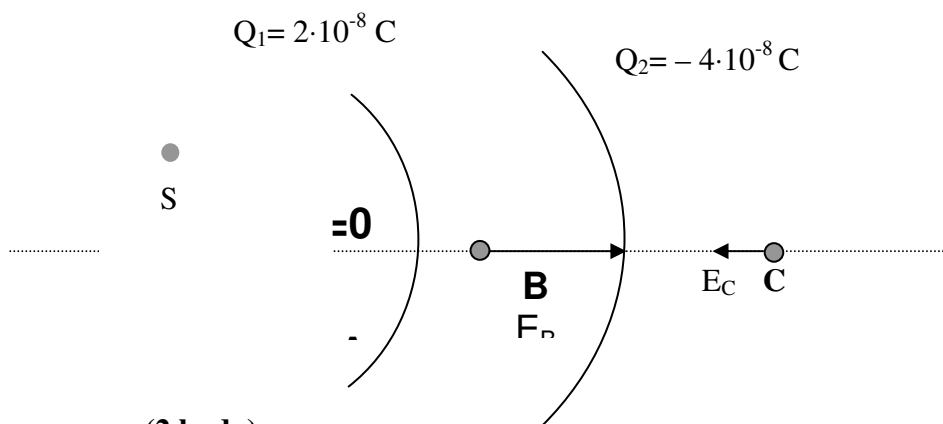
Oko metalne kugle radijusa 2 cm nalazi se koncentrična metalna sfera radijusa 4 cm. Na metalnoj kugli se nalazi naboj od $2 \times 10^{-8} \text{ C}$, a na sferi negativni naboj od $-4 \times 10^{-8} \text{ C}$.

Nađi jakost električnog polja po iznosu i smjeru u točkama koje su udaljene:

- 1 cm od središta metalne kugle
- 3 cm od središta metalne kugle
- 6 cm od središta metalne kugle

RJEŠENJE:

slika (2 boda)



a) $E_A=0$ (2 boda)

b)
$$E_B = \frac{k \cdot Q_1}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-8}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 2 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$
 (2 boda)

c)
$$E_C = E_1 + E_2 = \frac{k \cdot Q_1}{r^2} + \frac{k \cdot Q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 (2 \cdot 10^{-8} - 4 \cdot 10^{-8})}{36 \cdot 10^{-4}} = -0,5 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$
 (2 boda)

UKUPNO 8 BODOVA

5.

Po vrhovima kvadrata stranica 4 cm su raspoređeni jednaki točkasti naboji od $6,6 \times 10^{-9}$ C.

- a) Nađi rad pri prenošenju naboja od $3,3 \times 10^{-9}$ C iz centra kvadrata do sredine jedne njegove stranice.
b) Koliki je taj rad ako su susjedni naboji međusobno jednaki po apsolutnoj vrijednosti ali imaju suprotne predznake.

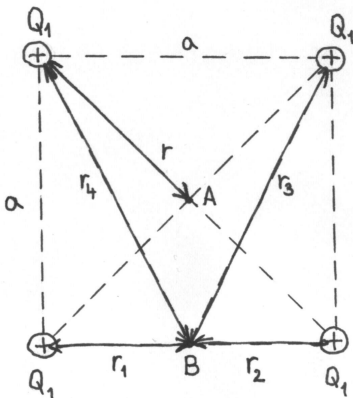
RJEŠENJE:

$$Q_1 = 6,6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$Q_2 = 3,3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$a = 4 \text{ cm}$$

a)



$$\varphi_A = 4 \frac{kQ_1}{r} \quad r = \frac{a\sqrt{2}}{2}$$

$$r_1 = r_2 = \frac{a}{2} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad (1 \text{ bod})$$

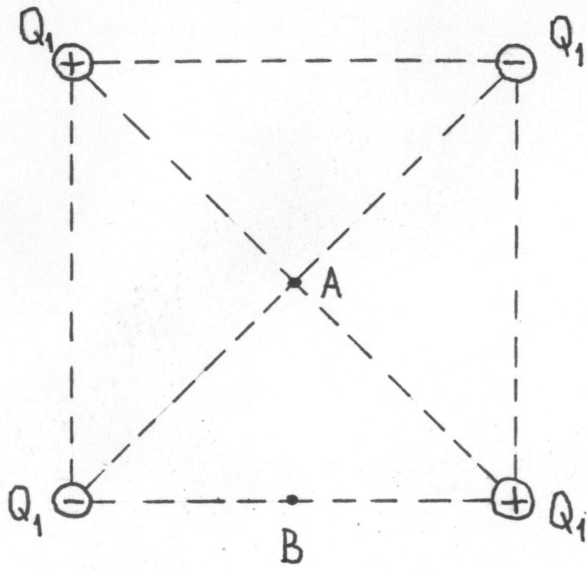
$$r_3 = r_4 = \sqrt{a^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \sqrt{20} \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad (1 \text{ bod})$$

$$\varphi_A = \frac{4 \cdot 6,6 \cdot 10^{-9} \cdot 9 \cdot 10^9}{2 \cdot 10^{-2} \sqrt{2}} = 8400,00 \text{ V} \quad (2 \text{ boda})$$

$$\varphi_B = \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^{-9} \cdot 6,6 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-2}} + \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^{-9} \cdot 6,6 \cdot 10^{-9}}{4,47 \cdot 10^{-2}} = 8596,45 \text{ V} \quad (2 \text{ boda})$$

$$W_{AB} = Q_2 \cdot (\varphi_B - \varphi_A) = 6,48 \cdot 10^{-7} \text{ J} \quad (2 \text{ boda})$$

b)



$$\varphi_A = 0 \text{ V}$$

$$\varphi_B = 0 \text{ V}$$

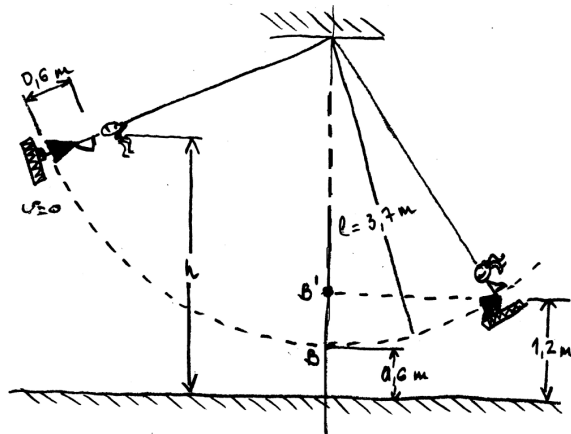
$$W_{AB} = Q_2 \cdot 0 = 0 \text{ J}$$

(2 boda)

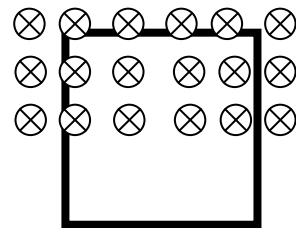
UKUPNO 10 BODOVA

Područno (općinsko) natjecanje iz fizike
Zagreb, 22.02.2002
 3. razred (skupina)

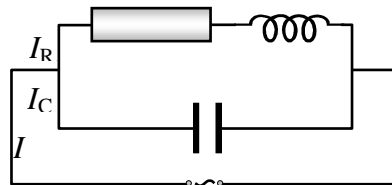
1. Djevojčica težine 400 N čuči na ljuljački. Centar mase joj je 1.2 m udaljen od tla i 3.7 m od vrha ljuljačke. Ona se zalulja i na dnu luka kojeg ljuljačka opisuje naglo se ustane podižući svoj centar mase za 0.6 m. Izračunajte visinu do koje se popne centar mase djevojčice u stojećem položaju kod maksimalnog otklona ljuljačke!



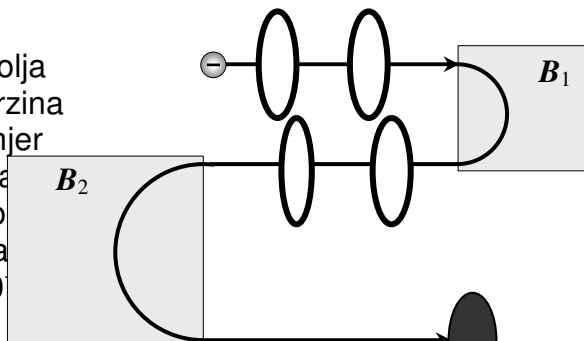
2. Kvadratnu petlju dužine l , otpora R i mase m pustimo da pada u homogenom magnetskom polju B , kao što je prikazano na slici. Polje je okomito na površinu petlje i u horizontalnom smjeru.
- Objasnite zašto se u ravnotežnom stanju petlja giba konstantnom brzinom.
 - Odredite tu brzinu i smjer inducirane struje
 - Na koji bi se način gibala petlja da magnetsko polje u svakom trenutku probada cijelu površinu?



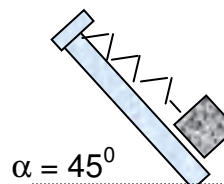
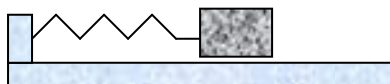
3. Odredite rezonantnu frekvenciju strujnog kruga prikazanog na crtežu.



4. Crtež prikazuje putanju elektrona kroz kombinaciju električnog i magnetskog polja kao što je prikazano na slici. Kolika je brzina elektrona koji udara u metu i koliki je omjer magnetskih polja ako je napon koji ubrzava elektron 100 V, a $r_2 = 2r_1$? Nacrtaj ili napiši na kojem su smjeru magnetska polja. Masa elektrona je $9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, a naboj $1.6 \cdot 10^{-19}$ C.



5. Tijelo se nalazi na horizontalnoj podlozi bez trenja u položaju ravnoteže i povezano sa elastičnom oprugom zanemarive mase za čvrstu točku. Nakon što se podloga nagne pod kutom od 45° tijelo se pusti da se slobodno giba i pri tome ono postiže najveću brzinu od 5 m/s te započinje harmonijsko titranje oko ravnotežnog položaja. Kolikim periodom titra tijelo i kolika je amplituda titranja?



1. Djevojčica mase 400 N čuči na ljuljački. Centar mase joj je 1.2 m udaljen od tla i 3.7 m od vrha ljuljačke. Ona se zaljulja i na dnu luka kojeg ljuljačka opisuje naglo se ustane podižući svoj centar mase za 0.6 m. Izračunajte visinu do koje se popne centar mase djevojčice u stojećem položaju kod maksimalnog otklona ljuljačke!

RJEŠENJE:

-vrijedi zakon očuvanja kutne količine gibanja:

$$3.7mv_B(3.7 - 3.1)mv'_B \quad \rightarrow \quad v'_B = 1.2v_B$$

-iz zakona očuvanja energije slijedi:

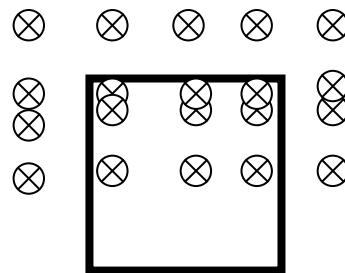
$$\frac{1}{2}mv_B^2 = mg(1.2 - 0.6) \quad \rightarrow \quad v_B = 3.43ms^{-1}$$

$$\rightarrow \quad v'_B = 1.2v_B = 4.1ms^{-1}$$

$$\frac{1}{2}mv_B'^2 = mg(h - 1.2) \quad \rightarrow \quad h = \frac{v_B'^2}{2g} + 1.2 = 2.1m$$

2. Kvadratnu petlju dužine l , otpora R i mase m pustimo da pada u homogenom magnetskom polju B , kao što je prikazano na slici. Polje je okomito na površinu petlje i u horizontalnom smjeru.

- Objasnite zašto se u ravnotežnom stanju petlja giba konstantnom brzinom.
- Odredite tu brzinu i smjer inducirane struje
- Na koji bi se način gibala petlja da magnetsko polje u svakom trenutku probada cijelu površinu?



RJEŠENJE:

- Kada brzina ne bi bila konstantna, značilo bi da djeluje neuravnotežena sila na okvir. Neka je $mg > ilB$. Gibanje je ubrzano prema dolje, što uzrokuje povećanje promjene toka. Time se povećava inducirana struja, a time i sila koja djeluje suprotno od mg . To smanjuje ubrzanje sve do nule.

b)

$$|U_i| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{Bl\Delta l}{\Delta t} = Blv \quad i = \frac{U_i}{R} = \frac{Blv}{R} \quad \rightarrow \text{smjer inducirane struje je u smjeru}$$

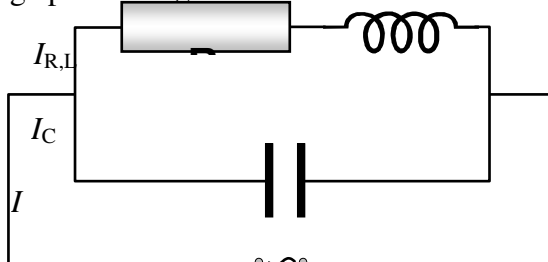
kazaljke na satu.

Sila zbog magnetskog polja jednaka je po iznosu. težini okvira

$$mg = F_A \quad mg = Bil = \frac{B^2l^2v}{R} \quad v = \frac{mgR}{B^2l^2}$$

- c) Budući da se tok ne mijenja, ne pojavljuje se sila zbog prisustva magnetskog polja. Akceleracija padanja bit će, dakle g (jednoliko ubrzano gibanje).

3. Odredite rezonantnu frekvenciju strujnog kruga prikazanog na crtežu.



RJEŠENJE:

Problem ćemo riješiti pomoću rotirajućih vektora. Naponi u svakoj paralelnoj grani su jednaki i u fazi. Međutim, struje su različite:

$$I_C = U/R_C = U C \omega$$

$$I_{R,L} = U/[R^2 + \omega^2 L^2]^{1/2}$$

$$\text{tg} \alpha = L\omega/R$$

Struja u grani s kondenzatorom pomaknuta je za $\pi/2$ ispred napona, a u grani sa R i L elementima zaostaje za kut α prema naponu. Rezultantna struja I dobije se vektorskim zbrajanjem struja I_C i $I_{R,L}$. Struja I pomaknuta je prema naponu za kut φ . Ako nema faznog pomaka $\varphi=0$ između struje i napona, kažemo da je strujni krug u rezonanciji. Crtež rotirajućih vektora pokazuje da rezonancija nastaje u slučaju kad je:

$$I_C = I_{R,L} \sin \alpha$$

Obzirom da je:

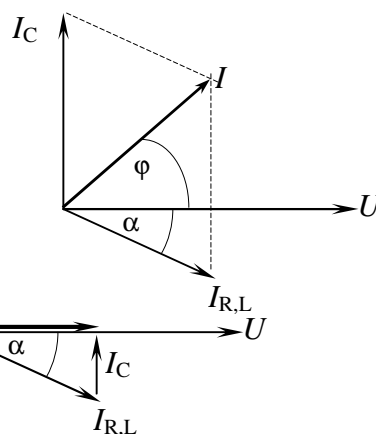
$$\sin \alpha = [L\omega]/[R^2 + \omega^2 L^2]^{1/2}$$

uvrštenjem izraza za I_C i $I_{R,L}$ dobiva se:

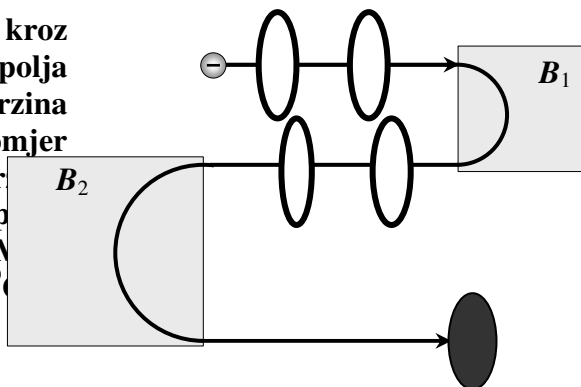
$$U C \omega = \{U/[R^2 + \omega^2 L^2]^{1/2}\} \cdot \{L\omega/[R^2 + \omega^2 L^2]^{1/2}\}$$

Odavde je rezonantna frekvencija:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$$



4. Crtež prikazuje putanju elektrona kroz kombinaciju električnog i magnetskog polja kao što je prikazano na slici. Kolika je brzina elektrona koji udara u metu i koliki je omjer magnetskih polja ako je napon koji ubrzo elektron 100 V, a $r_2 = 2r_1$? Nacrtaj ili napomeni u kojemu su smjeru magnetska polja. Navedi masu elektrona je $9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, a naboj $1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.



RJEŠENJE:

$$\frac{mv_1^2}{2} = eU \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \quad v_1 = 5.9 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + eU \Rightarrow v_2 = v_1 \sqrt{2} \quad v_2 = 8.3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$F_L = F_{cp} \Rightarrow r_1 = \frac{mv_1}{eB_1} \quad r_2 = \frac{mv_2}{eB_2}$$

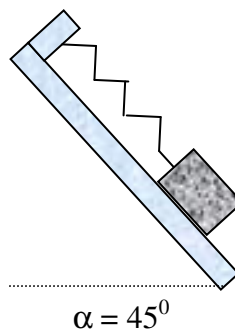
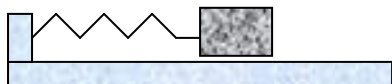
$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{v_1 B_2}{v_2 B_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{B_2}{B_1} = 0.7$$

Smjer magnetskih polja je suprotan.

Polje B_1 ima smjer u "papier", a polje B_2 iz "papira"

Brzina kojom elektron udara u metu je $v_2 = 8.3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.

5. Tijelo se nalazi na horizontalnoj podlozi bez trenja u položaju ravnoteže povezano sa elastičnom oprugom zanemarive mase za čvrstu točku. Nakon što se podloga nagne pod kutom od 45° tijelo se pusti da se slobodno giba i pri tome ono postiže najveću brzinu od 5 m/s te započinje harmonijsko titranje oko ravnotežnog položaja. Kolikom periodom titra tijelo i kolika je amplituda titranja?



RJEŠENJE:

Komponenta sile teže koja djeluje niz kosinu izjednačava se u položaju ravnoteže sa elastičnom silom

$$mg \sin \alpha = ky \quad 2 \text{ boda}$$

Pri tome će zbog položaja ravnoteže i početne situacije vrijediti da je y najveća elongacija odnosno amplituda A .

$$k = \frac{mg \sin \alpha}{A} = \frac{mg \sqrt{2}}{2A} \quad 2 \text{ boda}$$

Ako to uvrstimo u izraz za vlastitu frekvenciju

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g\sqrt{2}}{2A}} \quad 2 \text{ boda}$$

Znamo da je maksimalna brzina

$$v_0 = A\omega \Rightarrow A = \frac{v_0}{\omega} \quad 1 \text{ bod}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{\omega g \sqrt{2}}{2v_0}} \Rightarrow \omega = \frac{g\sqrt{2}}{2v_0} \Rightarrow T = \frac{4\pi v_0}{g\sqrt{2}} = 4.53s \quad 2 \text{ boda}$$

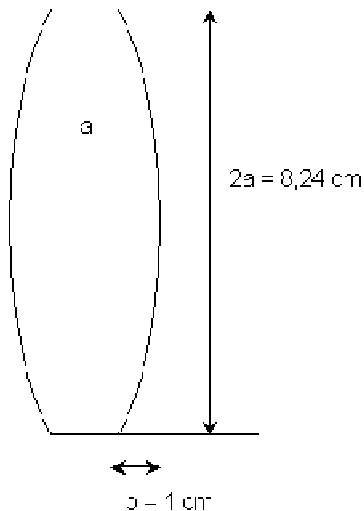
Amplituda je tada

$$A = \frac{v_0}{\omega} = \frac{v_0^2}{g} \sqrt{2} = 3.6m \quad 1 \text{ bod}$$

ukupno 10 bodova

Područno (općinsko) natjecanje iz fizike
Zagreb, 22.02.2002
4. razred (skupina)

1. Dva konkavna sferna zrcala polumjera zakrivljenosti 38 cm i 36 cm okrenuta su jedno prema drugome, tako da im se optičke osi podudaraju. Udaljenost između tjemena zrcala iznosi 8 dm. Između zrcala nalazi se predmet 30 cm udaljen od zrcala manje žarišne daljine. Nađi grafički i računski položaj slike i njezino povećanje koje nastaje refleksijom najprije na bližem a zatim na daljem zrcalu !
2. Bikonveksna leća kojoj plohe imaju jednake polumjere zakrivljenosti nalazi se u zraku. Načinjena je od stakla apsolutnog indeksa loma 1,5.



- a) Kolika je njezina žarišna daljina u zraku, ako su joj zadane dimenzija prema slici?
- b) Za koliko će se promijeniti žarišna daljina leće, ako je iz zraka premjestimo u vodu? Apsolutni indeks loma vode je 1,33.

3. Okomito na optičku rešetku koja ima 200 zarezova po milimetru upada svjetlost dviju valnih duljina od 594 nm i 792 nm.
 - a) Pod kojim će se najmanjim kutom prekriti maksimumi otklonjenih zraka?
 - b) Postoje li spektri višeg reda koji će se prekriti? Ako postoje, pod kojim će se kutom to dogoditi?
4. Staklena ploča prekrivena je tankim slojem prozirne tvari apsolutnog indeksa loma 1,4. Okomito na ploču pada snop monokromatske svjetlosti valne duljine 580 nm. Kolika mora biti debljina nanesenog sloja uslijed čega bi, unatoč što je osvijetljenja, izgleda tamna? Navedi sve mogućnosti !
5. Dvije čestice gibaju se u istom smjeru jednakim brzinama od 0,91 c jedna iza druge. Druga udari nepokretnu prepreku 47 ns iza prve. Kolika je vlastita udaljenost ovih čestica prije udara o prepreku?

Četvrti razred (skupina) - RJEŠENJA

1. Dva konkavna sferna zrcala polumjera zakrivljenosti 38 cm i 36 cm okrenuta su jedno prema drugome, tako da im se optičke osi podudaraju. Udaljenost između tjemena zrcala iznosi 8 dm. Između zrcala nalazi se predmet 30 cm udaljen od zrcala manje žarišne daljine. Nađi grafički i računski položaj slike i njezino povećanje koje nastaje refleksijom najprije na bližem, a zatim na daljem zrcalu.

Rješenje:

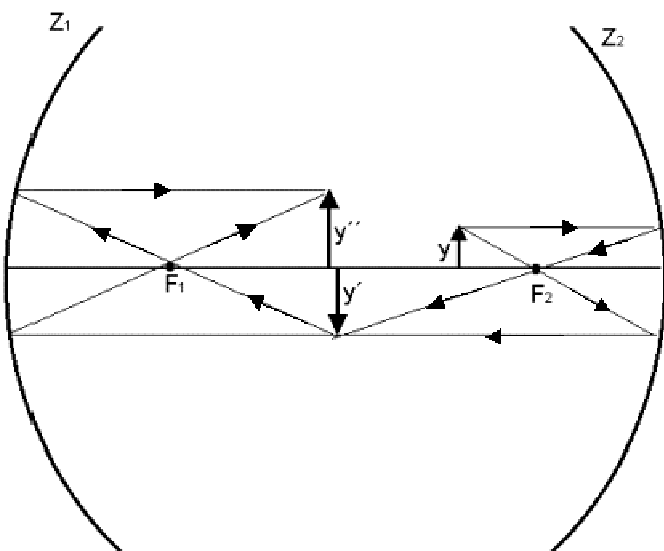
$$R_1 = 38 \text{ cm} \rightarrow f_1 = \frac{R_1}{2} = 19 \text{ cm} \quad (1 \text{ bod})$$

$$R_2 = 36 \text{ cm} \rightarrow f_2 = \frac{R_2}{2} = 18 \text{ cm}$$

$$d = 80 \text{ cm}$$

$$a_1 = 30 \text{ cm}$$

$$b_2 = ? \quad M = ?$$



(2 boda)

Slika je realna, uvećana i uspravna

(1 bod)

Reflektiranje na zrcalu Z_2

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f_2}$$

$$b_1 = \frac{a_1 \cdot f_2}{a_1 - f_2} = \frac{30 \text{ cm} \cdot 18 \text{ cm}}{30 \text{ cm} - 18 \text{ cm}} = 45 \text{ cm}$$

(2 boda)

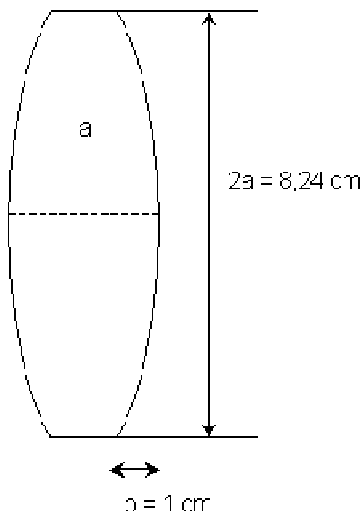
To je slika predmeta na zrcalu Z_1

$$a_2 = d - b_1 = 80 \text{ cm} - 45 \text{ cm} = 35 \text{ cm} \quad (1 \text{ bod})$$

$$b_2 = \frac{a_2 \cdot f_1}{a_2 - f_1} = \frac{35 \text{ cm} \cdot 19 \text{ cm}}{35 \text{ cm} - 19 \text{ cm}} = 41,56 \text{ cm} \quad (1 \text{ bod})$$

$$M = \left(-\frac{b_1}{a_1}\right) \cdot \left(-\frac{b_2}{a_2}\right) = \left(-\frac{45\text{cm}}{30\text{cm}}\right) \cdot \left(-\frac{41,56\text{cm}}{35\text{cm}}\right) = 1,78 \quad (2 \text{ boda}) \quad \text{UKUPNO 10 BODOVA}$$

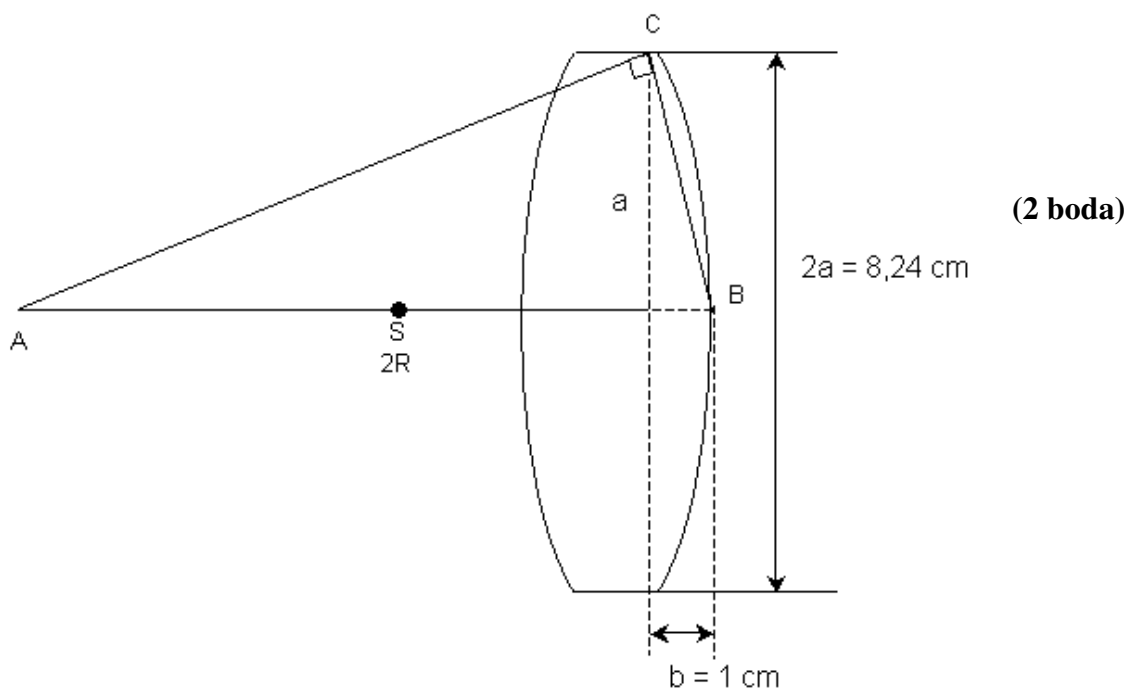
2. Bikonveksna leća kojoj plohe imaju jednake polumjere zakrivljenosti nalazi se u zraku. Načinjena je od stakla apsolutnog indeksa loma 1,5.



- a) Kolika je njezina žarišna daljina u zraku ako su joj zadane dimenzija prema slici
- b) Za koliko će se promijeniti žarišna duljina leće ako je iz zraka premjestimo u vodu? Apsolutni indeks loma vode je 1,33.

Rješenje

a)



(2 boda)

$$f = \frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)} = \frac{1}{(1,5-1) \cdot \frac{2}{R}} = \frac{R}{2 \cdot 0,5} = R \quad (2 \text{ boda})$$

Iz trokuta ABC

$$(2R-b)b = a^2$$

$$2Rb = a^2 + b^2$$

(2 boda)

$$R = \frac{a^2 + b^2}{2b} = \frac{(4,12)^2 + (1)^2}{2}$$

$$f = R = 8,98\text{cm}$$

b)

U zraku

$$\left. \begin{array}{l} f_1 = \frac{1}{(n_1 - 1) \cdot \frac{2}{R}} \\ f_2 = \frac{1}{(n_2 - 1) \cdot \frac{2}{R}} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \frac{f_2}{f_1} = \frac{n_1 - 1}{n_2 - 1} = \frac{1,5 - 1}{1,13 - 1} = 3,84 \\ f_2 = 3,84f_1 \end{array}$$

$$n_1 = 1,55$$

$$n_3 = 1,33$$

$$n_2 = \frac{n_1}{n_3} = \frac{1,5}{1,33} = 1,13$$

(2 boda)

(3 boda)

UKUPNO 11 BODOVA

3. Okomito na optičku rešetku koja ima 200 zarezova po milimetru upada svjetlost dviju valnih duljina od 594 nm i 792 nm.

c) Pod kojim će se najmanjim kutom prekriti maksimum otklonjenih zraka?

d) Postoje li spektri višeg reda koji će se prekriti? Ako postoje, pod kojim će se kutom to dogoditi?

Rješenje

$$d = \frac{1 \text{ mm}}{200} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 594 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = 792 \text{ nm}$$

$$k = ? \quad \alpha = ?$$

$$k' = ? \quad \alpha' = ?$$

a)

$$\sin \alpha = \sin \alpha'$$

$$\frac{k\lambda_1}{d} = \frac{k'\lambda_2}{d}$$

$$\frac{k'}{k} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{594}{792} = \frac{3}{4}$$

(3 boda)

$$k = 4 \text{ za } \lambda_1 = 594 \text{ nm}$$

$$k' = 3 \text{ za } \lambda_2 = 792 \text{ nm}$$

(2 boda)

$$\sin \alpha = \frac{4\lambda_1}{d} = \frac{4 \cdot 594 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-6}}$$

$$\sin \alpha = 0,4752$$

(2 boda)

$$\alpha = 28,37^\circ$$

b) Drugo prekrivanje

$$k=8 \text{ za } \lambda_1=594 \text{ nm}$$

$$k'=6 \text{ za } \lambda_2=792 \text{ nm}$$

$$\sin \alpha' = \frac{8\lambda_1}{d} =$$

$$\sin \alpha' = 0,9504 \quad (2 \text{ boda})$$

$$\alpha' = 71,87^\circ$$

Slijedeća prekrivanja za

$$k=16$$

$$k'=12$$

nisu moguća jer je $\sin \alpha > 1$

(1 bod)

UKUPNO 10 BODOVA

4. Staklena ploča prekrivena je tankim slojem prozirne tvari apsolutnog indeksa loma 1,4. Okomito na ploču pada snop monokromatske svjetlosti valne duljine 580 nm. Kolika mora biti debljina nanesenog sloja uslijed čega unatoč što je osvijetljenja izgleda tamna. Navedi nekoliko mogućnosti.

Rješenje

Faze se mijenjaju prilikom refleksije na A i B pa će rezultat interferencije biti isti kao da se ta promjena nije ni zbilja



(2 boda)

$$n=1,4$$

$$\lambda=580 \text{ nm}$$

$$d=?$$

Geometrijska razlika puta $\Delta s = 2 \overline{AB}$

Optička razlika puta $\Delta s = 2 n d$

(2 boda)

$$\text{Slabljenje } (2k+1) \frac{\lambda}{2} = 2 \cdot n \cdot d$$

$$k=0 \quad d_m = \frac{\lambda}{4n} = \frac{580}{4 \cdot 1,4} = 103,57 \text{ nm}$$

(2 boda)

Veće debljine pri kojima dolazi do poništavanja

$$k=1 \quad d = \frac{3\lambda}{4n} = 310,7 \text{ nm}$$

(2 boda)

$$k=2 \quad d = \frac{5\lambda}{4n} = 517,85 \text{ nm}$$

(2 boda)

UKUPNO 10 BODOVA

5. Dvije čestice gibaju se u istom smjeru jednakim brzinama od $0,91c$ jedna iza druge. Druga udari nepokretnu prepreku 47 ns iza prve. Kolika je vlastita udaljenost ovih čestica prije udara o prepreku. [$c=3 \cdot 10^8\text{ m/s}$]

Rješenje

$$v_1 = v_2 = 0,91c$$

$$\Delta t = 47\text{ ns}$$

$$s_0 = ?$$

Udaljenosti u odnosu na prepreku

$$s = v \cdot \Delta t = 0,91c \cdot 47 \cdot 10^{-9} = 12,83\text{ m} \quad (3\text{ boda})$$

U njihovom vlastitom sustavu vrijeme se produžava

$$\Delta t_0 = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{47 \cdot 10^{-9}\text{ s}}{\sqrt{1 - 0,91^2}} = 1,13 \cdot 10^{-7}\text{ s} \quad (3\text{ boda})$$

$$s_0 = v \cdot \Delta t_0 = 0,91c \cdot 1,13 \cdot 10^{-7} = 30,85\text{ m} \quad (3\text{ boda})$$

UKUPNO 9 BODOVA