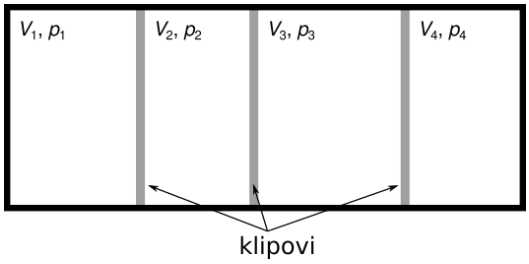
ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 25. veljače 2016.

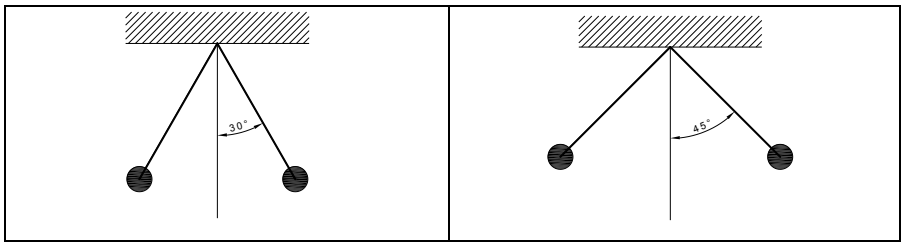
Srednje škole – 2. skupina

1. zadatak (9 bodova)
Kuglica pada jednoliko stalnom brzinom v kroz tekućinu. Kolikom silom treba vući tu kuglicu prema gore da bi se ona dizala stalnom brzinom $3v$? Volumen kuglice je 10 cm^3, gustoća tekućine je 1000 kg/m^3, gustoća kuglice je 3000 kg/m^3. Pretpostavite da je sila otpora proporcionalna brzini kuglice.

2. zadatak (10 bodova)
Zatvorena cilindrična posuda s tri klipa postavljena je horizontalno kao na slici. Klipovi su zanemarive debljine i mogu kliziti bez trenja uz stijenke posude. U svakom dijelu posude nalazi se određena, nepoznata količina idealnog plina. Početno su klipovi učvršćeni na položajima tako da da su u svakom dijelu poznati volumeni i tlakovi plinova: V_i, p_i, i=1-4. U svim dijelovima cilindra početna temperatura je jednaka i iznosi T_o. U jednom trenutku, klipovima se omogući gibanje i nakon nekog vremena se uspostavi stacionarno stanje tako da sada temperatura u svim dijelovima posude T.
Odredite tlak i odgovarajuće volumene u sva četiri dijela posude nakon uspostavljanja stacionarnog stanja. Tražene veličine izrazite preko V_i, p_i, i=1-4, T_o i T. Posuda je toplinski izolirana od okoline.



3. zadatak (11 bodova)
Dvije jednake kuglice mase m vise na nitima kao na slici. Niti su pričvršćene u istoj točki. Polumjer kuglica je zanemariv u odnosu na duljinu niti. Naboj svake kuglice je različit, ali obje su pozitivne. Svaka nit je duljine L i zatvara s vertikalom kut 30°. Zatim se kuglice spoje tankom vodljivom žicom i nakon toga se žica makne. Nakon toga kuglice zauzmu položaj u kojem svaka nit zatvara kut od 45° s vertikalom.
Izračunajte početne naboje kuglica q_1 i q_2.
L = 0.5 m, m = 8 g , k = $9\cdot10^9$ Nm^2C^{-2}



4. zadatak (9 bodova)
U zatvorenoj posudi nalaze se 4 mola idealnog plina pri tlaku 200 000 Pa i 30^oC. Koliki će biti tlak i temperatura plina ako se dovede 16 kJ topline? Specifični molarni toplinski kapacitet plina pri stalnom tlaku je c_p = 29.2 J/(mol·K). Opća plinska konstanta je R = 8.314 J/(mol·K)

5. zadatak (11 bodova)
Kuglice 1 i 2, masa m_1 i m_2 te naboja q_1 i q_2 drže se na međusobnoj udaljenosti d_o. Izračunajte relativnu brzinu kuglica u trenutku kada su međusobno udaljene za d ako se:

a) kuglica 1 drži na mjestu, a kuglica 2 pusti da se slobodno giba
b) obje kuglice puste da se slobodno gibaju

m_1 = 0.005 kg, m_2 = 0.010 kg, q_1 = $5\cdot10^{-8}$ C, q_2 = $-8\cdot10^{-8}$ C, d_o = 0.2 m, d = 0.12 m, k=$9\cdot10^9$ Nm^2/C^2

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 25. veljače 2016.

Srednje škole – 2. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

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

1. zadatak (9 bodova)

V = 0.00001 m^3, ρ_K = 3000 kg/m^3, ρ = 1000 kg/m^3, g = 10 m/s^2

Bez primjene vanjske sile F vrijedi:

$$G = F_u + \alpha v$$ **(2 boda)**

pa je konstanta proporcionalnosti:

$$\alpha = \frac{G - Fu}{v}$$

Primjenom sile F vrijedi: $G + \alpha 3v = F_u + F$ **(2 boda)**

Uvrštavanjem izraza za α: $4G - 4F_u = F$ **(1 bod)**

Uzimajući u obzir izraze za težinu kuglice i silu uzgona:

$$G = mg = V\rho_k g$$ **(1 bod)**

$$F_u = V\rho g$$ **(1 bod)**

Tražena sila je: $F = 4Vg(\rho_k - \rho)$ **(1 bod)**

$$F = 0.8\text{N}$$ **(1 bod)**

2. zadatak (10 bodova)

Poznato: V_i, p_i $(i = 1,4)$, T_o, T

Nakon uspostave stacionarnog stanja, tlak u svim dijelovima je jednak:

$$p_1' = p_2' = p_3' = p_4' \equiv p$$ **(1 bod)**

Jednadžbe stanja idealnog plina prije i nakon:

$$\frac{p_i V_i}{T_o} = n_i R \qquad \frac{p_i' V_i'}{T} = n_i R$$ **(1 bod)**

(*) $$V_1' = \frac{p_1 V_1 T}{p T_o}$$ **(1 bod)**

(**) $$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = V_1' + V_2' + V_3' + V_4'$$ **(1 bod)**

Uvrštavanjem (*) u (**) $$\frac{p_1 V_1 T}{p T_o} + \frac{p_2 V_2 T}{p T_0} + \frac{p_3 V_3 T}{p T_0} + \frac{p_4 V_4 T}{p T_0} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

Traženi konačni tlak je: $$p = \frac{T}{T_0}\frac{p_1V_1 + p_2V_2 + p_3V_3 + p_4V_4}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} = \frac{T}{T_0}\frac{\sum_{i=1}^{4} p_i V_i}{\sum_{i=1}^{4} V_i}$$ **(2 boda)**

Prema (*) traženi volumeni su: $$V_1' = p_1 V_1 \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}{p_1V_1 + p_2V_2 + p_3V_3 + p_4V_4} = p_1 V_1 \frac{\sum_{i=1}^{4} V_i}{\sum_{i=1}^{4} p_i V_i}$$ **(1 bod)**

$$V_2' = p_2V_2\frac{V_1+V_2+V_3+V_4}{p_1V_1+p_2V_2+p_3V_3+p_4V_4} = p_2V_2\frac{\sum_{i=1}^{4}V_i}{\sum_{i=1}^{4}p_iV_i}$$ **(1 bod)**

$$V_3' = p_3V_3\frac{V_1+V_2+V_3+V_4}{p_1V_1+p_2V_2+p_3V_3+p_4V_4} = p_3V_3\frac{\sum_{i=1}^{4}V_i}{\sum_{i=1}^{4}p_iV_i}$$ **(1 bod)**

$$V_2' = p_4V_4\frac{V_1+V_2+V_3+V_4}{p_1V_1+p_2V_2+p_3V_3+p_4V_4} = p_4V_4\frac{\sum_{i=1}^{4}V_i}{\sum_{i=1}^{4}p_iV_i}$$ **(1 bod)**

3. zadatak (11 bodova)

m = 0.008 kg, L = 0.5 m, k = $9\cdot10^9$ Nm²/C², g = 10 m/s²

Početno, trokut koji čine niti i spojnica kuglica (r) je jednakostranični:

$$r = L$$ **(1 bod)**

$$\frac{F_{coul}}{G} = \frac{\frac{L}{2}}{L\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$ **(1 bod)**

Uvrštavanjem izraza: $F_{coul} = k\frac{q_1q_2}{L^2}$ i $G = mg$ **(1 bod)**

(a) $q_1q_2 = \frac{\sqrt{3}mgL^2}{3k} = 1.283\cdot10^{-12}C^2$ **(1 bod)**

Nakon što kuglice zauzmu drugi položaj, trokut koji čine niti i spojnica kuglica (R) je jednakokračni pravokutni trokut, a naboj svake kuglice je q:

(b) $q = \frac{q_1+q_2}{2}$ **(1 bod)**

$R = L\sqrt{2}$ **(1 bod)**

$F_{coul} = G$ **(1 bod)**

$k\frac{q^2}{2L^2} = mg$ pa je $q = L\sqrt{mg2/k}$ **(1 bod)**

(c) $q = 2.108\cdot10^{-6}C$ **(1 bod)**

Na temelju (a-c): $q_1 = 3.886\cdot10^{-6}$ C **(1 bod)**

$q_2 = 3.301\cdot10^{-7}$ C **(1 bod)**

4. zadatak (9 bodova)

$p_1 = 2\cdot10^5$ Pa, T_1 = 303 K, Q = 16000 J, n = 4 mol, c_p = 29.2 J/(mol·K), R = 8.314 J/(mol·K)

Budući da je obavljeni rad nula, toplina predana plinu jednaka je promjeni unutarnje energije plina:

$$Q = \Delta U$$ **(1 bod)**

$$\Delta U = n\cdot c_v\cdot\Delta t$$ **(1 bod)**

$$c_v = c_p - R = (29.2 - 8.314)\frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} = 20.886\frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$$ **(1 bod)**

$$\Delta t = \frac{Q}{n\cdot c_{m,v}} = \frac{16000\,\text{J}}{4\text{mol}\cdot 20.886\frac{\text{J}}{\text{molK}}} = 191.52\text{K}$$

$$T_2 = T_1 + \Delta t$$ **(1 bod)**

$$T_2 = 494.52\text{K}$$ **(2 boda)**

Za izohornu promjenu vrijedi: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ **(1 bod)**

$$p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{200000\text{Pa}\cdot 494.52\text{K}}{303\text{K}} = 326415.84\text{Pa}$$ **(2 boda)**

5. zadatak (11 bodova)

m_1 = 0.005 kg, m_2 = 0.010 kg, $q_1 = 5\cdot 10^{-8}$ C, $q_2 = -8\cdot 10^{-8}$ C, d_o = 0.2 m, d = 0.12 m, $k=9\cdot 10^9$ Nm^2/C^2

a)Zakon očuvanja energije: $k\frac{q_1 q_2}{d_o} = k\frac{q_1 q_2}{d} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$ **(2 boda)**

$$v_2 = \sqrt{\frac{2kq_1q_2(d-d_o)}{dd_o m_2}} = 0.15492\text{m/s} \approx 0.155\text{m/s}$$ **(1 bod)**

Relativna brzina: $v = v_2 - v_1 = 0.155\,\text{m/s} - 0 = 0.155\,\text{m/s}$ **(1 bod)**

b)Zakon očuvanja energije $k\frac{q_1 q_2}{d_o} = k\frac{q_1 q_2}{d} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 v_1^2}{2}$ **(2 boda)**

Zakon očuvanja količine gibanja: $0 = m_2 v_2 + m_1 v_1$ **(2 boda)**

(ili $0 = m_2 v_2 - m_1 v_1$)

Rješavanjem sustava kojeg čine jednadžbe zakona očuvanja:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2kq_1q_2m_2(d-d_o)}{dd_o m_1(m_1+m_2)}} = 0.17889\text{m/s} \approx 0.179\text{m/s}$$ **(1 bod)**

$$v_2 = -\frac{m_1}{m_2}v_1 = -0.0895\text{m/s}$$ **(1 bod)**

(ili $v_2 = \frac{m_1}{m_2}v_1 = 0.0895\text{m/s}$)

Relativna brzina: $v = v_2 - v_1 = -0.0895\,\text{m/s} - 0.179\,\text{m/s} = -0.2685\,\text{m/s}$ **(1 bod)**

(ili $v = v_2 + v_1 = 0.0895\,\text{m/s} + 0.179\,\text{m/s} = 0.2685\,\text{m/s}$

Napomena: U rješenjima je uzeto da je pozitivan smjer smjer gibanja kuglice 2 tj $v_2>0$. Naravno, priznaje se i ako učenici uzmu da je to negativan smjer.