DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Trogir, 11. - 14. svibnja 2015.

Srednje škole - 2. skupina

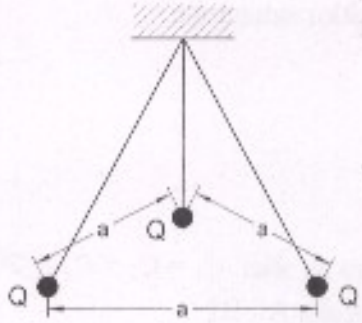
1. zadatak (16 bodova)

Tri jednake kuglice zanemarivih dimenzija obješene su svaka na svoju nit u isto ovjesište i puštene da se slobodno rasporede. Niti su jednake duljine, zanemarive mase i napravljene od izolatora. Položaj naboja prikazan je na slici. Naboji su u ravnini paralelnoj s tlom i čine vrhove jednakostraničnog trokuta duljine stranice a = 0.005 m. Težina i naboj svake kuglice su 0.0007 N i 1 nC.

a) Izračunajte silu napetosti niti

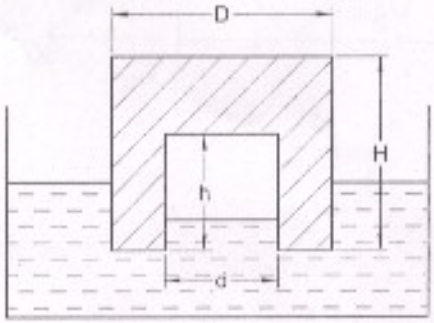
b) Izračunajte duljinu niti

$k = 9 \cdot 10^9\ \mathrm{Nm^2C^{-2}}$



2. zadatak (19 bodova)

Cilindrična posuda od aluminija, ispunjena zrakom pri atmosferskom tlaku 10^5 Pa, uroni se u vodu s otvorom prema dole. Uz pretpostavku izotermne kompresije zraka tijekom uranjanja, izračunajte konačni tlak unutar posude. Gustoće aluminija i vode su 2700 kg/m^3 i 1000 kg/m^3. Težinu zraka zanemarite. H = 0.1 m, h = 0.08 m, D = 0.1 m, d = 0.08 m.



3. zadatak (18 bodova)

Balon ispunjen helijem pustimo da se slobodno giba. Temperatura i tlak na početnom položaju balona su 100 kPa i 20°C. Balon se brzo diže i pretpostavite da pri tome nema izmjene topline s okolinom.

a) Pretpostavite da je helij idealni plin čija je adijabatska konstanta 1.7 pa izračunajte njegovu temperaturu kad se nalazi na visini na kojoj tlak iznosi 90 kPa

b) Uzmite u obzir da gustoća zraka opada linearno s povećanjem visine te izračunajte na kojoj se visini (u odnosu na početni položaj) balon nalazi kada tlak iznosi 90 kPa. Gustoća zraka na mjestu početnog položaja balona je 1.2 kg/m^3 i za svakih 10 m smanji se za 0.001 kg/m^3. Uzmite g = 10 m/s^2.

Stijenke balona nisu niti u jednom trenutku zategnute.

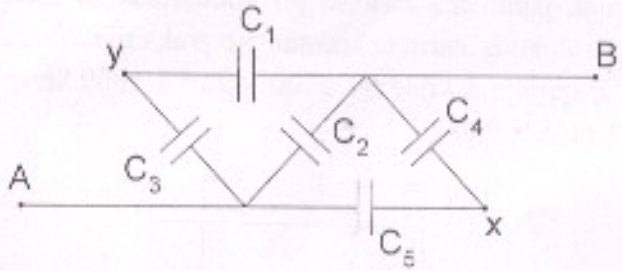
4. zadatak (17 bodova)

Pet praznih kondenzatora spojeno je kao na slici. $C_1 = C_2 = C_3 = 2C$, $C_4 = C_5 = 4C$.

a) Koliki je ukupni kapacitet između točaka A i B?

b) Odredite naboj kondenzatora C_1 ako bateriju napona U spojimo između točaka A i B

c) Koliki bi bio naboj svakog kondenzatora da smo bateriju napona U spojili između točaka X i Y



DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Trogir, 11. – 14. svibnja 2015.

Srednje škole – 2. skupina
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (16 bodova)

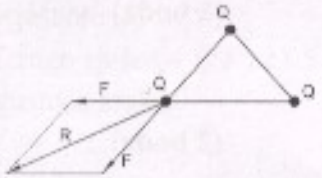
$q = 10^{-9}$ C, a = 0.005 m, $k = 9\cdot10^{9}$ Nm^2C^{-2}, G = 0.0007 N

a)Svaka kuglica osjeća djelovanje električne sile(od dva susjedna naboja), gravitacije te silu napetosti niti.

Električna sila susjednog naboja:

$$F = k\frac{q^2}{a^2} \quad (F = 0.000360\ \text{N} = 3.6\ 10^{-4}\ \text{N}) \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Rezultantna električna sila (visina jednakostraničnog trokuta stranice F je R/2):



$$\frac{R}{2} = \frac{F\sqrt{3}}{2} \text{ tj. } R = F\sqrt{3} \quad (R = 0.000624\ \text{N} = 6.24\ 10^{-4}\ \text{N}) \qquad \textbf{(3 boda)}$$

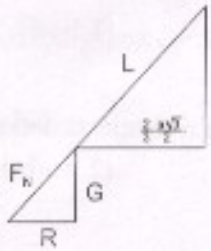
Budući da je ukupna sila na svaki naboj nula, za silu napetosti vrijedi:

$$F_N = \sqrt{G^2 + R^2} \qquad \textbf{(3 boda)}$$

$$F_N = \sqrt{G^2 + 3k^2\frac{q^4}{a^4}} \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Konačno: $F_N = 0.000937\ \text{N} = 9.37\ 10^{-4}$ n **(1 bod)**

b) Na temelju sličnosti trokuta:



$$\frac{L}{\frac{2}{3}\frac{a\sqrt{3}}{2}} = \frac{F_N}{R} \qquad \text{tj.} \qquad \frac{L}{\frac{a\sqrt{3}}{3}} = \frac{F_N}{R} \qquad \textbf{(4 boda)}$$

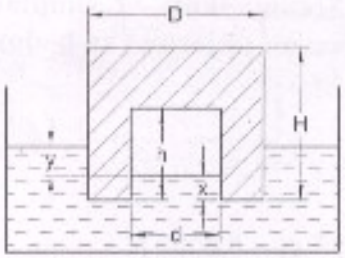
Uvrštavanjem izraza za sile dobiva se:

$$L = \frac{a\sqrt{3}}{3}\sqrt{\frac{G^2a^4}{3k^2q^4} + 1} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Konačno: $L = 0.00434$ m **(1 bod)**

2. zadatak (19 bodova)

P_o=100 000 Pa, ρ = 1000 kg/m^3, ρ_{Al} = 2700 kg/m3, D = 0.1 m, d = 0.08 m, H = 0.1 m, h = 0.08 m, g = 10 m/s^2



Izotermna kompresija zraka: $p_0 V_0 = pV$

(*) $$p_0\left(\frac{d^2\pi}{4}h\right) = p\left(\frac{d^2\pi}{4}(h-x)\right) \quad \text{tj.} \quad p_0 h = p(h-x)$$ **(3 boda)**

Suma vertikalnih sila je nula: $G = F_u$ **(2 boda)**

Težina: $$G = V\rho_{Al}g = \left(\frac{D^2\pi}{4}H - \frac{d^2\pi}{4}h\right)\rho_{Al}g$$ **(2 boda)**

(10.34 N; *10.15 za g = 9.81 m/s2)*

Sila uzgona: $$F_u = \left[\frac{D^2\pi}{4}(y+x) - \frac{d^2\pi}{4}x\right]g\rho$$ **(3 boda)**

Izjednačavanjem težine i sile uzgona dobije se:

(**) $$\left[D^2(y-x) - d^2x\right] = \frac{\rho_{Al}}{\rho}\left[D^2H - d^2h\right]$$ **(1 bod)**

(***)Izjednačavanjem tlakova: $p_0 + yg\rho = p$ **(3 boda)**

Rješavanjem sustava jednadžbi (*), (**) i (***) dobije se kvadratna jednadžba za p:

$$\frac{D^2}{g\rho}p^2 + \left[(D^2-d^2)h - \frac{D^2p_0}{g\rho} - \frac{\rho_{Al}}{\rho}(D^2H - d^2h)\right]p - (D^2-d^2)p_0h = 0$$ **(2 boda)**

$$0.01p^2 - 1010.3p - 288000 = 0$$ **(1 bod)**

($0.0102\,p^2 - 1029.66\,p - 288000 = 0$ za g = 9.81 m/s2)

Jedno rješenje je negativno pa nema fizikalnog smisla, a drugo rješenje je traženo rješenje zadatka:

$p = 101313.9$ Pa *(101289 Pa za g = 9.81 m/s2)* **(2 boda)**

3. zadatak (18 bodova)

$p_1 = 100\,000$ Pa, $\rho_1 = 1.2$ kg/m^3, $T_1 = 20°C = 293.15$ K, $p_2 = 90\,000$ Pa, $\gamma = 1.7$, $\alpha = 0.0001$ kg/m^4

a) Adijabatska promjena: $p_1V_1^\gamma = p_2V_2^\gamma$ **(1 bod)**

Jedn. stanja idealnog plina: $$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$ **(1 bod)**

Kombiniranjem navedenih jednadžbi dobije se tražena temperatura helija:

$$T_2 = T_1\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}-1}$$ **(2 boda)**

$T_2 = 280.70$ K *(280,56 za T1 = 293 K)* **(2 boda)**

b) Razlika tlakova u točkama čija je visinska razlika h, posljedica je stupca zraka visine h:

(*) $$p_1 - p_2 = hg\rho_{sr}$$ **(3 boda)**

Budući da gustoća zraka opada linearno, u gornjem izrazu koristi se srednja gustoća ρ_{sr}.

Gustoća zraka na visini y je: $\rho(y) = \rho_1 - \alpha y$, $\alpha = 0.0001\,\mathrm{kg/m^4}$ **(2 boda)**

pa je srednja gustoća: $$\rho_{sr} = \frac{\rho_1 + \rho(y=h)}{2}$$ **(2 boda)**

$$\rho_{sr} = \frac{\rho_1 + \rho_1 - \alpha h}{2} = \rho_1 - \frac{\alpha h}{2}$$ **(1 bod)**

Uvrštavanjem srednje gustoće u izraz (*) dobije se kvadratna jednadžba za h:

$$\frac{g\alpha}{2}h^2 - g\rho_1 h + (p_1 - p_2) = 0$$ **(2 boda)**

($0.0005h^2 - 12h + 10000 = 0$ za g=10m/s2 odnosno $0.0004905h^2 - 11{,}77h + 10000 = 0$ za g=9.81 m/s2)

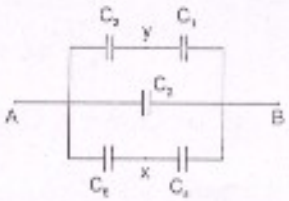
Rješenje je: $h = 864.47\,\mathrm{m}$ za g=10m/s2 ($h = 881.88\,\mathrm{m}$ za g=9,81 m/s2) **(1 bod)**

Drugo rješenje (23 123.5 m, odnosno 23118.1 m) nema fizikalnog smisla jer se za njega dobije negativna gustoća zraka. **(1 bod)**

4. zadatak (17 bodova)

$C_1 = C_2 = C_3 = 2C$, $C_4 = C_5 = 4C$

a)Ekvivalentna shema je:



(2 boda)

Gornja i donja grana (serijski spoj dva kondenzatora):

$$\frac{1}{C_{13}} = \frac{1}{2C} + \frac{1}{2C} \quad \text{tj.} \quad C_{13} = C$$ **(1 bod)**

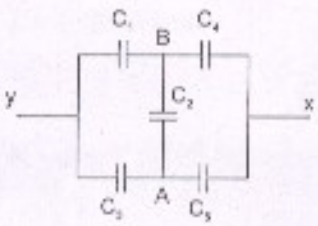
$$\frac{1}{C_{45}} = \frac{1}{4C} + \frac{1}{4C} \quad \text{tj.} \quad C_{45} = 2C$$ **(1 bod)**

Ukupno, paralelni spoj: $C_{AB} = C_{13} + C_2 + C_{45}$ **(1 bod)**

$C_{AB} = C + 2C + 2C = 5C$ **(1 bod)**

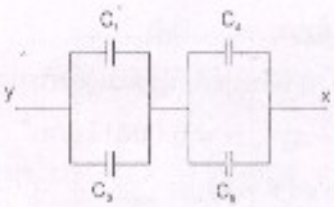
b) Naboj kondenzatora 1: $Q_1 = U_1 C_1 = \frac{U}{2}2C = CU$ **(2 boda)**

b) Nova shema spoja je:



(2 boda)

Točke A i B su na istom potencijalu: **(2 boda)**



Ukupni kapacitet je: $C_{XY} = \frac{8}{3}C$ **(1 bod)**

pa je ukupni naboj: $Q_{XY} = \frac{8}{3}CU$ **(1 bod)**

$Q_1 = Q_3 = \frac{Q_{XY}}{2} = \frac{4}{3}CU$ **(1 bod)**

$Q_4 = Q_5 = \frac{Q_{XY}}{2} = \frac{4}{3}CU$ **(1 bod)**

$Q_2 = 0$ **(1 bod)**

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Trogir, 11. – 14. svibnja 2015.

Srednje škole – 2. grupa

EKSPERIMENTALNI ZADATAK

Određivanje gustoće tvari i mase metalnih kuglica

Pribor: Ping-pong loptica potpuno ispunjena tvari nepoznate gustoće, ping-pong loptica koja sadrži nepoznatu tvar i metalne kuglice , čaša bez oznaka volumena , ravnalo , voda

Koristite podatke za gustoće: vode 1.0 g/cm^3 i metalnih kuglica 7.8 g/cm^3.

Zadatak :

1. Odredite gustoću tvari koja u potpunosti ispunjava lopticu
2. Odredite masu metalnih kuglica koje se nalaze unutar loptice

U sklopu zadatka treba:

a) Objasniti teorijsku podlogu mjerenja (5 bodova)

b) Izvesti formulu kojom ćete pomoću izmjerenih veličina odrediti gustoću materijala (5 bodova)

c) Izvesti formulu kojom ćete pomoću izmjerenih veličina odrediti masu metalnih kuglica (10 bodova)

d) Napraviti 10 mjerenja , podatke prikazati tablično , odrediti srednju vrijednost gustoće nepoznate tvari ,srednju vrijednost mase metalnih kuglica i odstupanja od srednjih vrijednosti pazeći pritom na pouzdana mjesta. (10 bodova)

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Trogir, 11. – 14. svibnja 2015.

Srednje škole – 2. grupa

EKSPERIMENTALNI ZADATAK – RJEŠENJE

1. ***Određivanje gustoće tvari koja u potpunosti ispunjava lopticu.***

a) -Potpunim uranjanjem loptice u čašu s vodom možemo odrediti volumen loptice.
Zabilježimo razinu vode u čaši , a zatim izmjerimo za koliko se podignula razina vode Δh.
- Pomoću ravnala izmjerimo promjer čaše $2R$ i izračunamo volumen loptice kad je ona potpuno uronjena $V = R^2\pi\Delta h$.
-Lopticu koja je potpuno ispunjena tvari stavimo na površinu vode i pričekamo da se loptica smiri , na sličan način kao u prethodnom dijelu zadatka izmjerimo volumen istisnute vode , odnosno volumen uronjenog dijela tijela $V_1 = R^2\pi\Delta h_1$._____**5 bodova**

b) -Budući je loptica u ravnoteži iznos uzgona jednak je iznosu težine loptice

$$(1)\ m_1 g = \rho_V g V_1 ,$$

gdje je m_1 masa loptice potpuno ispunjene nepoznatom tvari , g akceleracija slobodnog pada , ρ_V gustoća vode.
-Kako je loptica u potpunosti ispunjena tvari vrijedi

$$(2)\ m_1 = \rho_N V ,$$

gdje je ρ_N gustoća nepoznate tvari.
-Koristeći relacije (1) i (2) , za gustoću nepoznate tvari dobivamo:

$$(3)\ \rho_N = \rho_V \frac{V_1}{V}$$ _____**5 bodova**

2. ***Određivanje mase metalnih kuglica***

c) -Lopticu koja sadrži metalne loptice stavimo na površinu vode i na isti način kao u prethodnom dijelu zadatka odredimo volumen uronjenog tijela $V_2 = R^2\pi\Delta h_2$.
-Iz uvjeta ravnoteže dobivamo:

$$(4)\ m_2 g = \rho_V g V_2$$

-Za masu druge loptice također vrijedi:

$$(5)\ m_2 = \rho_N V' + m_K ,$$

gdje su: V'volumen tvari koji djelomice ispunjava lopticu sa metalnim kuglicama , a m_K je masa metalnih kuglica.
- Dalje vrijedi :

$$(6)\ V' = V - \frac{m_K}{\rho_K}.$$

-Iz relacija (1) , (2) , (3) , (4) , (5) i (6) dobiva se :
$m_K = \frac{\rho_K \rho_V V(V_2 - V_1)}{\rho_K V - \rho_V V_1}$ Ovdje upišite jednadžbu._____**10 bodova**

d) Napravi se više mjerenja , a rezultati se unose u tablicu._____**10 bodova**