DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE
Vinkovci, 5. - 8. svibnja 2011.

Srednje škole – 2. skupina

1. zadatak (16 bodova)

Velika cilindrična posuda napunjena vodom stavljena je na podnu vagu. Mala metalna cilindrična posuda u kojoj je matalna kugla visi na nitima i dijelom je uronjena u vodu.

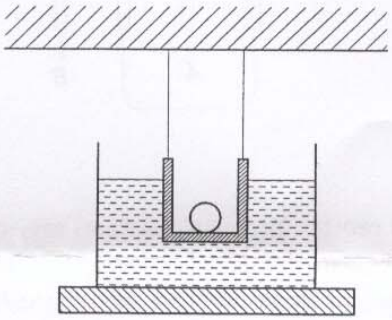
a) Koliko pokazuje vaga ako je u vodu uronjeno ¾ visine male metalne posude?

b) Koliko pokazuje vaga ako izvadimo kuglu?

c) Kuglu bacimo u vodu. Koliko sada pokazuje vaga?

Velika posuda, voda u posudi i mala posuda imaju jednaku masu M. Polumjer male posude je r, a visina je 2r, polumjer velike posude je 2r. Masa kugle je m. Gustoća vode ρ_V. Mala posuda i kugla napravljeni su od istog materijala gustoće $\rho > \rho_V$.

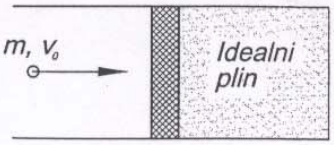
Niti na kojima visi mala posuda su zanemarive mase, cijelo vrijeme su napete i imaju cijelo vrijeme istu duljinu.



2. zadatak (18 bodova)

U horizontalno postavljenoj i toplinski izoliranoj cilindričnoj posudi nalazi se jedan mol idealnog jednoatomnog plina ($C_V = (3/2)R$). Klip mase 2m može se gibati lijevo-desno bez trenja. Mala strelica mase m giba se prema klipu i zabije se u njega brzinom v_o u horizontalnom smjeru. Klip i strelica se nastave zajedno gibati tako da je najmanji postignuti volumen plina dva puta manji od početnog. Kolika je ukupna sila na klip u trenutku kada je volumen plina najmanji?

Pretpostavite da nema curenja plina. Vanjski tlak zraka je p_o, a početno je temperatura plina jednaka vanjskoj temperaturi koja iznosi T_o. Površina klipa je S.



DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

Vinkovci, 5. - 8. svibnja 2011.

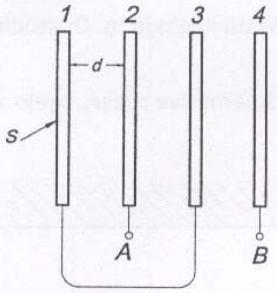
3. zadatak (18 bodova)

Četiri jednake i početno neutralne metalne ploče nalaze se u zraku i poredane su kao na slici. Površina svake ploče je S. Udaljenost susjednih ploča je d. Ploče 1 i 3 spoje se međusobno vodljivom žicom zanemarivog otpora. Ploče 2 i 4 spoje se s baterijom tako da je u točki A negativan, a u točki B pozitivan pol baterije.

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

b) Kolika je površinska gustoća naboja na svakoj strani svake ploče? Pazite da i predznak bude točan.

Dielektrična konstanta je ε_0. Razlika potencijala između točaka A i B je V.

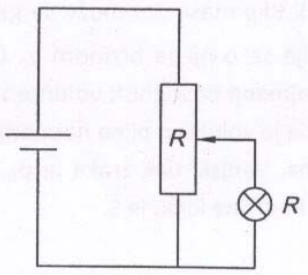


4. zadatak (18 bodova)

Žaruljica koja ima isti otpor kao i reostat (promjenljivi otpor) spojena je u krug na slici i svijetli nekom snagom. Reostat je spojen na pola duljine. Baterija je napona V i ima zanemariv unutarnji otpor.

a) Što se dogodi sa snagom kojom svijetli žaruljica ako se žaruljica zamijeni s drugom žaruljicom čiji je otpor n puta veći?

b) Promotrite $n = 2$ i $n \to \infty$ i izvedite zaključak kako na sjaj žaruljice utječe promjena njenog otpora



DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE
Vinkovci, 5. - 8. svibnja 2011.

Srednje škole – 2. skupina
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (16 bodova)

a) Vaga će pokazivati iznos sile kojom na nju djeluje sustav koji se nalazi na njoj:

$$F = G_{posude} + G_{Voda} + F_u = (M + M)g + \frac{3}{4}Vg\rho_V$$ **(4 boda)**

Budući da je $V = r^2\pi(2r)$, konačni izraz je:

$$F = 2Mg + \frac{3}{2}r^3\pi g\rho_V$$ **(2 boda)**

b) Vaga pokazuje jednako kao u a) **(2 boda)**

c) Sila će se povećati jer:

1. Kugla je u vodi , pa treba dodati njenu težinu mg **(2 boda)**
2. Ubacivanjem kugle u vodu razina vode se povisi za:

$$\Delta = \frac{V_{Kugla}}{S_{eff}} = \frac{m/\rho}{(R^2 - r^2)\pi}$$ **(2 boda)**

pa je sada uronjeni dio:

$$\frac{3}{4}V + \frac{m/\rho}{(R^2 - r^2)\pi}r^2\pi \equiv yV$$ **(2 boda)**

Konačno

$$F = (M + M + m)g + yVg\rho_V$$

$$F = (2M + m)g + (\frac{3\pi}{2}r^3 + \frac{m}{3\rho})g\rho_V$$ **(2 boda)**

2. zadatak (18 bodova)

Prema zakonu očuvanja količine gibanja:

$$mv_o = (m + 2m)v$$ **(2 boda)**

S dobivenom kinetičkom energijom klip obavi rad nad plinom:

$$\frac{(m + 2m)v^2}{2} = W$$ **(2 boda)**

Prema prvom zakonu termodinamike vrijedi $Q = \Delta U - W$ i budući da je $Q = 0$:

$$\Delta U = nC_V(T_1 - T_o) = W$$ **(2 boda)**

$$T_1 = T_o + \frac{m^2v_o^2}{6mnC_V}$$ **(3 boda)**

U krajnjem položaju ukupna sila na klip je:

$$F = F_{unutra} - F_{vani} = (p_1 - p_o)S = (\frac{nRT_1}{V_1} - p_o)S$$ **(3 boda)**

$$= \left[\frac{nR}{V_1}(T_o + \frac{m^2v_o^2}{6mnC_V}) - p_o\right]S =$$

$$=\left[\frac{nR}{V_o/2}(T_o+\frac{m^2v_o^2}{6mnC_V})-p_o\right]S=p_oS\left[2+\frac{Rm^2v_o^2}{V_o3mC_Vp_o}-1\right]=p_oS\left[1+\frac{2mv_o^2}{p_oV_o9}\right]=p_oS\left[1+\frac{2}{9}\frac{mv_o^2}{nRT_o}\right]$$

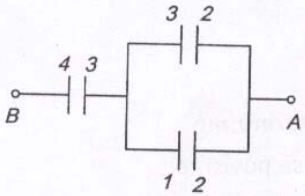
Konačno (n=1 mol):

$$F=p_oS\left[1+\frac{2}{9}\frac{mv_o^2}{RT_o}\right]$$

(6 bodova)

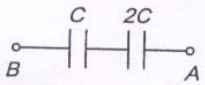
3. zadatak (18 bodova)

a) Zadani sustav ploča može se prikazati kao tri kondenzatora (svaki kapaciteta C) spojena kao na slici:



(4 boda)

Paralelni spoj kondenzatora možemo zamijeniti jednim kondenzatorom kapaciteta 2C:



(1 bod)

Ukupni kapacitet između točaka A i B je

$$C_{AB}=\frac{2C}{3}=\frac{2}{3}\varepsilon_o\frac{S}{d}$$

(2 boda)

b) Ukupni naboj je $Q=C_{AB}V=\frac{2}{3}CV=\frac{2\varepsilon_oSV}{3d}$ **(1 bod)**

$$Q_{43}=Q$$

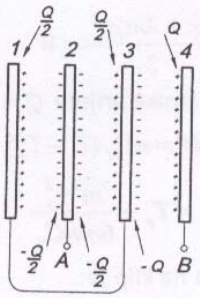
(2 boda)

Budući da su kondenzatori u paralelnom spoju jednakog kapaciteta:

$$Q_{12}=Q_{32}=\frac{Q}{2}=\frac{CV}{3}=\frac{\varepsilon_oSV}{3d}$$

(2 boda)

Raspodjela naboja na svakoj pločei je kao na slici:



(4 boda)

Površinska gustoća svake strane ploče je $\sigma_i=\frac{Q_i}{S}$

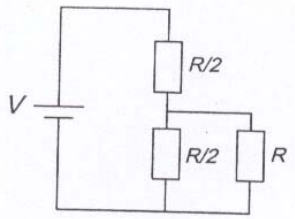
Ploča	1	2	3	4
Lijeva strana	0	$-\varepsilon_oV/(3d)$	$+\varepsilon_oV/(3d)$	$+2\varepsilon_oV/(3d)$

Desna strana	$+\varepsilon_0 V/(3d)$	$-\varepsilon_0 V/(3d)$	$-2\varepsilon_0 V/(3d)$	0

(2 boda)

4. zadatak (18 bodova)

Ekvivalentni strujni krug je



(3 boda)

Ukupni otpor: $$R_u = \frac{R}{2} + \frac{R\frac{R}{2}}{R+\frac{R}{2}} = \frac{5R}{6}$$ **(1 bod)**

Jakost struje: $$I_1 = \frac{V}{R_u} = \frac{6V}{5R}$$ **(1 bod)**

Napon na žaruljici: $$U_1 = V - I_1\frac{R}{2} = \frac{2V}{5}$$ **(1 bod)**

Snaga na žaruljici: $$P_1 = U_1 I_1 = \frac{12}{25}\frac{V^2}{R}$$ **(2 boda)**

Nakon zamjene žaruljice:

Ukupni otpor: $$R_u = \frac{R}{2} + \frac{nR\frac{R}{2}}{nR+\frac{R}{2}} = \frac{4n+1}{2(2n+1)}R$$ **(1 bod)**

Jakost struje: $$I_2 = \frac{V}{R_u} = \frac{2(2n+1)}{4n+1}\frac{V}{R}$$ **(1 bod)**

Napon na žaruljici: $$U_2 = V - I_2\frac{R}{2} = V\frac{2n}{4n+1}$$ **(1 bod)**

Snaga na žaruljici: $$P_2 = U_2 I_2 = \frac{4n(2n+1)}{(4n+1)^2}\frac{V^2}{R}$$ **(2 boda)**

Omjer snaga: $$\frac{P_2}{P_1} = \frac{100n(2n+1)}{12(4n+1)^2}$$ **(1 bod)**

Za $n = 2$ $$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1000}{12\cdot 81} \approx 1.03$$ **(1 bod)**

Za $n \to \infty$ $$\frac{P_2}{P_1} = \frac{200}{192} \approx 1.042$$ **(1 bod)**

Omjer snaga je rastuća funkcija s asimptotom (1.042). Bez obzira na otpor žaruljica svijetli gotovo jednako. **(2 boda)**

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

Vinkovci, 5. - 8. svibnja 2011.

Srednje škole – 2. skupina

Eksperimentalni zadatak

ODREĐIVANJE GUSTOĆE HOMOGENE METALNE ŠIPKE

Zadatak

- Odrediti gustoću ρ metala od kojeg je građena priložena šipka

Pribor

- Metalna šipka
- Posuda s vodom (ρ_v = 1000 kgm^{-3})
- Plastično ravnalo s mjernom skalom ili metar

U sklopu zadatka treba:

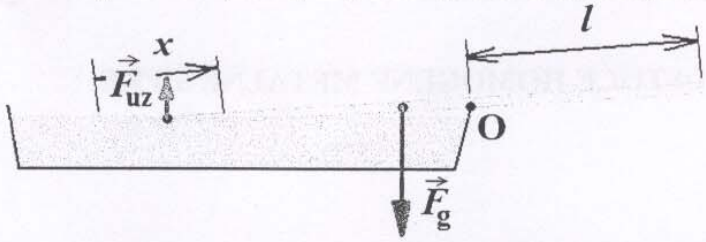
1. Skicirati kako treba biti postavljen pribor kojim će se izvršiti mjerenja. (5 bodova)
2. Opisati i objasniti postupak mjerenja i određivanja potrebnih veličina za izvršenje zadatka. (7 bodova)
3. Izvesti formulu kojom ćete pomoću izmjerenih veličina odrediti gustoću šipke. (8 bodova)
4. Napraviti najmanje 6 mjerenja, podatke prikazati tabelarno i provesti račun pogreške. (10 bodova)

Ukupno eksperimentalni zadatak: 30 bodova

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011. – 2. GRUPA

Rješenje eksperimentalnog zadatka za 2. grupu

Šipku treba postaviti na rub posude tako da bude u ravnoteži. Pri tome jedan kraj šipke mora biti uronjen u vodu, ali taj kraj ne smije dodirivati dno posude (slika 1.).



Slika 1. (5 bodova)

Dok je šipka u ravnoteži, osim djelovanja posude na šipku u osloncu O, na nju djeluje sila teža $\vec{F}_g$ prema dolje, a na uronjeni dio djeluje sila uzgona $\vec{F}_{uz}$ prema gore. Udaljenost hvatišta sile teže od oslonca O je: $\frac{L}{2}-l$, a udaljenost hvatišta sile uzgona od oslonca je: $L-\frac{x}{2}-l$. Ovdje je L duljina cijele šipke, x je duljina uronjenog dijela, a l udaljenost od oslonca do drugog kraja šipke.

Prema zakonu poluge, u ravnotežnom stanju vrijedi:

$$F_g\left(\frac{L}{2}-l\right)=F_{uz}\left(L-\frac{x}{2}-l\right) \qquad (1)$$

Za silu težu vrijedi: $F_g = mg = \rho LSg$, gdje je S površina presjeka šipke i ρ gustoća šipke. Ako je ρ_v gustoća vode i V_{ur} volumen uronjenog dijela šipke onda je: $F_{uz} = \rho_v g V_{ur} = \rho_v g x S$.

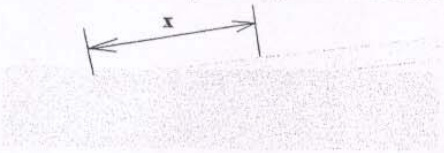
Uvrštavanjem u jednadžbu (1) i sređivanjem konačno se dobije za gustoću šipke:

$$\boxed{\rho=\frac{\rho_v x\left(L-\frac{x}{2}-l\right)}{L\left(\frac{L}{2}-l\right)}} \qquad (2)$$

(8 bodova)

Prema jednadžbi (2), da bi odredili gustoću šipke ρ, potrebno je izmjeriti duljinu L cijele šipke, duljinu uronjenog dijela x, i duljinu l dijela šipke od oslonca do neuronjenog kraja, dok je šipka postavljena na rub posude kao što je prikazano na slici 1.

Pri mjerenju duljine uronjenog dijela x, budući da šipka stoji u koso, potrebno je udaljenost x odrediti kao što prikazuje slika 2., kako bi što točnije odredili uronjeni volumen.



Slika 2. (7 bodova)

Rezultate mjerenja treba prikazati tabelarno i provesti račun pogreške.

Br. mj.	L/cm	x/cm	l /cm	ρ/kgm^{-3}	$\lvert\Delta\rho\rvert$ /kgm^{-3}

(10 bodova)