# DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

**Biograd na Moru, 02.-05. svibnja 2013.**

**Srednje škole – 2. skupina**

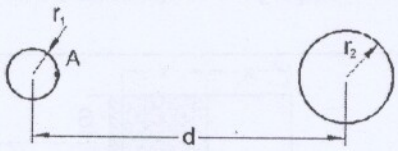
**1. zadatak (16 bodova)**

Dvije kugle polumjera $r_1 = 0{,}2$ cm i $r_2 = 0{,}5$ cm, masa $m_1 = 0{,}1$ g i $m_2 = 0{,}7$ g te naboja $q_1 = -2$ nC i $q_2 = 30$ nC drže se na položajima u kojima su im središta udaljena za $d = 10$ cm. Kugle su napravljene od izolatora i naboj je jednoliko raspoređen.

a) Odredite smjer i iznos električnog polja u točki A na površini manje kugle

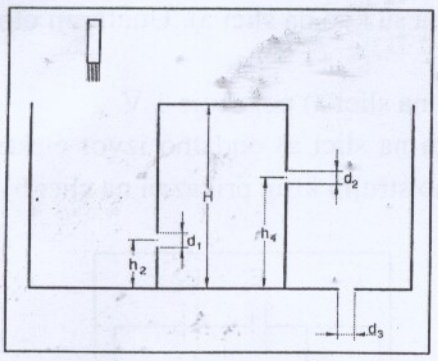
b) U jednom trenutku pustimo kugle da se slobodno gibaju. Izračunajte brzinu svake kugle u trenutku kada se dotaknu

Gravitaciju možete zanemariti. $k = 9 \cdot 10^9\ \mathrm{Nm^2C^{-2}}$

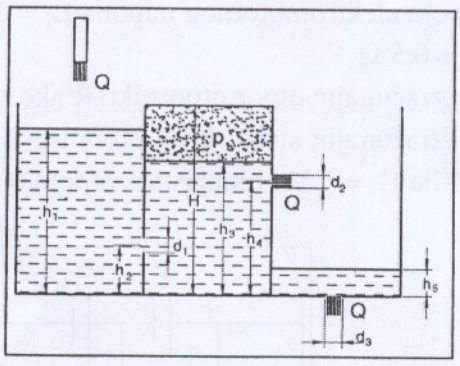



**2. zadatak (19 bodova)**

Početno prazni široki trodjelni spremnik prikazan na slici a) počinje se puniti vodom. Odredite visine $h_1$, $h_3$ i $h_5$ (slika b) ) kada se uspostavi stacionarno protjecanje tekućine tako da protok iznosi $Q = 0{,}009\ \mathrm{m^3/s}$. Pretpostavite izotermnu kompresiju zraka u srednjem dijelu spremnika. Zadano je $H = 1$ m, $\rho = 1000\ \mathrm{kg/m^3}$, $h_2 = 0{,}3$ m, $h_4 = 0{,}5$ m. Promjeri kružnih otvora su $d_1 = 0{,}08$ m, $d_2 = 0{,}09$ m, $d_3 = 0{,}07$ m, a atmosferski tlak je $p_{at} = 10^5$ Pa. Zrak možete smatrati idealnim plinom.




a)



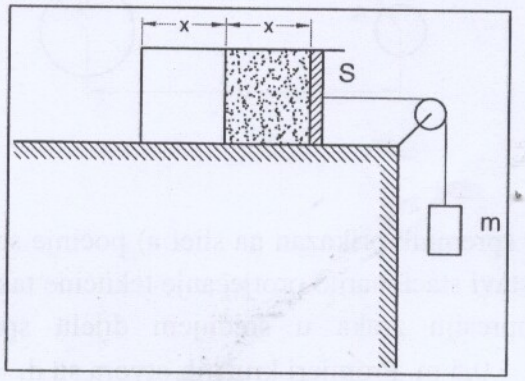

b)

# DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

**Biograd na Moru, 02.-05. svibnja 2013.**

**3. zadatak (19 bodova)**

Toplinski izolirana posuda na slici podijeljena je toplinski izoliranom pregradom na dva jednaka dijela. U lijevom dijelu posude je početno vakuum, a u desnom je 1 mol idealnog jednoatomnog plina. Toplinski izolirani pomični klip mase M spojen je preko nerastezljive niti i koloture s utegom mase m = 1 kg. Klip može kliziti bez trenja i početno miruje. U jednom trenutku klip se učvrsti i pregrada pomakne u lijevo za 0,2x i učvrsti u tom položaju. Kada se uspostavi ravnotežno stanje plina, klipu se omogući gibanje. Izračunajte kinetičku energiju sustava klip+uteg u trenutku kada se klip pomakne u odnosu na početni položaj za 0,1x. Molarni toplinski kapaciteti su $C_v = 3R/2$ i $C_p = 5R/2$, R = 8,314 J/(molK). Atmosferski tlak iznosi $10^5$Pa, površina klipa je S = 0,025 $m^2$, x = 1 m.

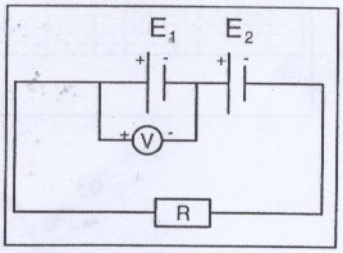



**4. zadatak (16 bodova)**

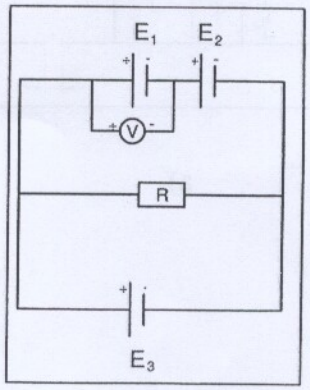
Dva izvora elektromotornog napona $E_1 = 2$ V i $E_2 = 4$ V spojena su kao na slici a). Unutarnji otpor svakog izvora je 0,5 Ω.

a) Izračunajte otpor otpornika R ako voltmetar spojen kao na slici a) pokazuje 1 V

b) Izračunajte struju kroz otpornik R, ako strujnom krugu na slici a) dodamo izvor elektromotorne sile $E_3 = 5$ V i unutarnjeg otpora 0,5 Ω tako da dobijemo strujni krug prikazan na slici b)




a)




b)

# DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

**Biograd na Moru, 02. – 05. svibnja 2013.**

**Srednje škole – 2. skupina**
**Rješenja i smjernice za bodovanje**

**1. zadatak (16 bodova)**

a) Doprinos od kugle 1 je: $E_1 = k\frac{q_1}{r_1^2} = 4{,}5\cdot 10^6\,\text{V/m}$, smjer prema središtu kugle 1. **(1 bod)**

Doprinos od kugle 2 je: $E_2 = k\frac{q_2}{(d-r_1)^2} = 0{,}028113\cdot 10^6\,\text{V/m}$, smjer prema središtu kugle 1. **(1 bod)**

Iznos ukupnog električnog polja je : $E_1 + E_2 = 4{,}528113\ \text{MV/m}$ **(2 boda)**

Smjer prema lijevo (prema središtu manje kugle) **(2 boda)**

b) Primjenom zakona očuvanja energije dobiva se:

$$k\frac{q_1 q_2}{d} = k\frac{q_1 q_2}{r_1 + r_2} + \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$ **(4 boda)**

Zakon očuvanja količine gibanja daje:

$$0 = m_1 v_1 - m_2 v_2$$ **(4 boda)**

Traženi iznosi brzina su:

$$v_1 = 1{,}1205\,\text{m/s} \text{ i } v_2 = 0{,}1601\,\text{m/s}$$ **(1+1 boda)**

**2. zadatak (19 bodova)**

$Q = 0{,}009\ \text{m}^3/\text{s}$, $p_{at}=10^5$ Pa, $H = 1$ m, $\rho = 1000\ \text{kg/m}^3$, $h_2 = 0{,}3$ m, $h_4 = 0{,}5$ m, $d_1 = 0{,}075$ m, $d_2 = 0{,}090$ m, $d_3 = 0{,}070$ m.

Prema jednadžbi kontinuiteta za stacionarno strujanje, količina vode koja ulazi u spremnik jednaka je količini vode koja izlazi:

$$Q = v_1\frac{d_1^2\pi}{4} = v_2\frac{d_2^2\pi}{4} = v_3\frac{d_3^2\pi}{4}$$ **(2 boda)**

Odgovarajuće brzine su:

$$v_1 = \frac{4\cdot 0{,}009\,\text{m}^3/\text{s}}{(0{,}075\,\text{m})^2\cdot 3{,}14} = 2{,}038\,\text{m/s}, \quad v_2 = 1{,}415\,\text{m/s}, \quad v_3 = 2{,}340\,\text{m/s}$$

Primjenom Bernoullijeve jednadžbe na različite razine vode dobivaju se jednadžbe:

(*) $$h_1 g\rho + p_{at} = h_3 g\rho + p + \frac{v_1^2\rho}{2}$$ **(2 boda)**

(**) $$h_3 g\rho - h_4 g\rho + p = p_{at} + \frac{v_2^2\rho}{2}$$ **(2 boda)**

(***) $$h_5 g\rho + p_{at} = p_{at} + \frac{v_3^2\rho}{2}$$ **(2 boda)**

Iz (***) se dobije: $$h_5 = \frac{v_3^2}{2g} = 0{,}279\,\text{m}\ (0{,}274\ \text{m za g=10m/s}^2)$$ **(2 boda)**

Iz (*) i (**) se dobije: $h_1 = h_4 + \frac{v_1^2 + v_2^2}{2g} = 0{,}766\text{m}$ (0,761 m za g = 10 m/s$^2$) **(2 boda)**

Na početku punjenja pa sve dok se ne zatvori otvor $d_2$, u srednjem dijelu spremnika nalazi se zrak na atmosferskom tlaku. Kada se podizanjem razine vode u srednjem dijelu zatvori otvor promjera $d_2$, dolazi do izotermne kompresije zraka. Početni tlak je atmosferski, a konačni tlak je $p$:

(****) $$p_{at}(H - h_4 - \frac{d_2}{2}) = p(H - h_3)$$ **(4 boda)**

Rješavanjem sustava jednadžbi (****) i (**) dobiva se kvadratna jednadžba za $h_3$ čija su rješenja:

$h_3 = 0{,}547\text{m}$ i $h_3 = 11{,}248\text{m}$ ( 0,547 m i 11,053 m za $g = 10$ m/s$^2$) **(2 bod)**

Fizikalnog smisla ima samo prvo rješenje pa je $h_3 = 0{,}547\text{m}$ **(1 boda)**

Napomena: ako učenik riješi zadatak tako da u jednadžbi (****) izostavi $\frac{d_2}{2}$, konačno rješenje za $h_3$ je 0,505 m i 11,291 m (0,505 m i 11,095 m za g =10 m/s$^2$), od kojeg fizikalnog smisla ima samo 0,505 m. Ako je učenik na taj način riješio zadatak, učeniku se dodijeli 18 bodova (umjesto 19).

**3. zadatak (19 bodova)**

$S = 0.025$ m$^2$, $m = 1$ kg, $p_{at} = 10^5$ Pa, x = 1 m, M je masa klipa, $p_1$ je početni tlak plina u desnom dijelu posude.

Početno klip miruje jer je ukupna sila na sustav klip+uteg nula:

(*) $$p_1 S - p_{at} S + mg = (m + M)a = 0$$ **(2 boda)**

$$p_1 = \frac{p_{at} S - mg}{S} = 99607{,}6\text{Pa}$$ (99600 Pa za g = 10 m/s$^2$)

Nakon pomicanja pregrade, plin se širi adijabatski jer nema izmjene topline.

$$p_1 (xS)^\gamma = p_2 (1{,}2xS)^\gamma$$ **(2 boda)**

pa vrijedi: $$p_2 = p_1 (\frac{1}{1{,}2})^\gamma = 0{,}737957\, p_1 = 73506{,}16\text{Pa}$$ (73500,55 Pa za g = 10 m/s$^2$)

Temperatura plina je prema jednadžbi stanja idealnog plina:

$$T_2 = \frac{p_2 (1{,}2xS)}{nR} = 265{,}24\text{ K}$$ (265,22 za g = 10 m/s$^2$) **(2 boda)**

Budući da se tlak plina smanjio, nakon što klipu omogućimo gibanje uteg će krenuti prema gore, a klip prema lijevo (ako umjesto $p_1$ u (*) uvrstimo $p_2$ dobije se $a = (-662{,}5)/(m + M) < 0$). **(1 bod)**

Zbog obavljenog rada plina potencijalna energija utega se povećala i sustav uteg+klip je dobio kinetičku energiju:

$$mg\Delta h + E_{kin} = W$$ **(2 boda)**

Plin se sabija adijabatski ($Q = 0$) pa je rad koji se obavi nad plinom $W = \Delta U$

$$\Delta U = nC_V (T_3 - T_2)$$ **(2 boda)**

U trenutku kada je $\Delta h = 0{,}1x$:

$$E_{kin} = nC_V (T_3 - T_2) - 0{,}1xmg$$

$T_3$ se izračuna koristeći jednadžbu za adijabatsku kompresiju i jednadžbu stanja idealnog plina:

$$p_2(1{,}2xS)^\gamma = p_3(1{,}1xS)^\gamma$$ **(2 boda)**

$$T_3 = \frac{p_3(1{,}1xS)}{nR}$$ **(2 boda)**

Tražena temperatura je: $T_3 = \frac{1{,}1xS}{nR} p_2 \left(\frac{1{,}2}{1{,}1}\right)^\gamma = 281{,}08\text{K}$ (281,06 za g = 10 m/s$^2$) **(2 boda)**

Kinetička energija je: $E_{kin} = n\frac{3}{2}R(T_3 - T_2) - 0{,}1xmg = 196{,}6\text{J}$ (196,5 za g = 10 m/s$^2$) **(2 boda)**

**4. zadatak (16 bodova)**

**a)** Za strujni krug na slici a) vrijedi: $E_1 + E_2 = I(R + r + r)$

Pad napona na izvoru 1 je: $U = E_1 - Ir$ **(2 boda)**

pa se za uvjet U = 1 V dobiva $I = 2\text{A}$ **(2 boda)**

Traženi otpor je: $R = \frac{E_1 + E_2}{I} - 2r = 2\Omega$ **(3 boda)**

**b)** Primjenom Kirchoffovih pravila za gornji i donji strujni krug se dobiva:

$$E_1 + E_2 = I_1 2r + I_2 R$$

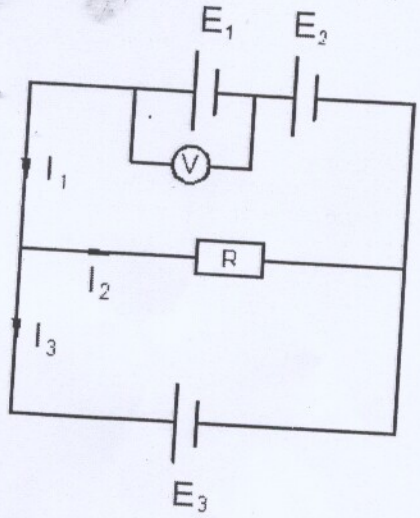
$$E_3 = I_2 R - I_3 r$$ **(2 boda)**

$$I_1 = I_2 + I_3$$ **(2 boda)**

Pri čemu su smjerovi struja kao na slici. **(2 boda)**

Rješavanjem sustava od tri jednadžbe s tri nepoznanice dobiva se $I_2 = \frac{16}{7}\text{A}$ **(3 boda)**

(Ostale struje su $I_1 = \frac{10}{7}\text{A}$ u smjeru kao na slici i $I_3 = \frac{6}{7}\text{A}$ u smjeru suprotnom nego na slici )



DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2013. – 2. SKUPINA

**Eksperimentalni zadatak**

## Gustoća nepoznate tekućine ($\rho$)

**Zadatak**

- Odrediti gustoću nepoznate tekućine $\rho$ uz pretpostavku da je poznat atmosferski tlak i da je normiran (101325 Pa)

**Pribor**

- Staklena U-cijev učvršćena na drvenu daščicu s mjernom skalom od milimetarskog papira
- Posuda s nepoznatom tekućinom
- Injekcijska šprica

U sklopu zadatka treba:

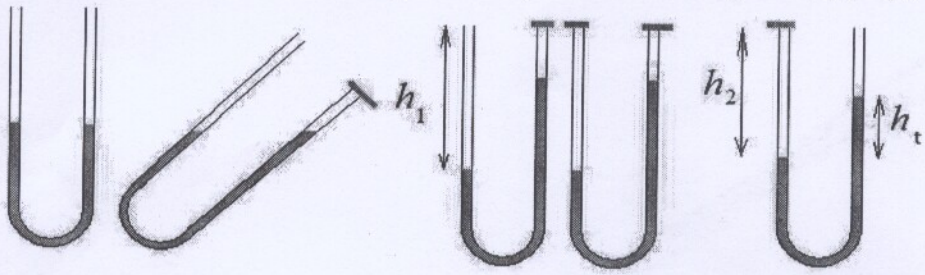
1. Objasniti fizikalne osnove za rješenje zadatka i opisati precizno uz skice koje veličine i kako ćeš mjeriti (14 bodova)
2. Napraviti najmanje 10 mjerenja i podatke prikazati tabelarno (11 bodova)
3. Provesti račun pogreške (5 bodova)

Ukupno eksperimentalni zadatak 30 bodova

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2013. – 2. SKUPINA

**Rješenje eksperimentalnog zadatka**

Najprije natočimo tekućinu u U-cijev tako da u oba kraka nivoi budu otprilike do polovine (sl.a). Nakon toga nagnemo U-cijev (sl. b) npr. na desnu stranu tako da više tekućine bude u desnom kraku U-cijevi i tada prstom začepimo desni krak. Sada U-cijev vratimo u vertikalni položaj, držeći začepljen desni krak, te očitamo duljinu stupca zraka $h_1$ u lijevom kraku (sl. c), u kojem je tlak zraka jednak atmosferskom tlaku: $p_1 = p_a$. Zatim, prstom druge ruke, začepimo i lijevi krak U-cijevi (sl. d), a tek nakon što je lijevi krak začepljen, otvorimo desni krak (sl. e) te sada opet očitamo duljinu stupca zraka $h_2$ u lijevom kraku i razliku nivoa tekućine $h_t$ u krakovima, držeći lijevi krak zatvoren. Sada je tlak tog stupca zraka duljine $h_2$ jednak zbroju atmosferskog tlaka i hidrostatskog tlaka stupca tekućine duljine $h_t$: $p_2 = p_a + \rho g h_t$.




a) b) c) d) e)

(7 bodova)

Budući da se u opisanom postupku dogodila izotermna promjena stanja stupca zraka u lijevom kraku U-cijevi, možemo pisati:

$$p_1 h_1 = p_2 h_2 \quad \text{tj.} \quad p_a h_1 = (p_a + \rho g h_t) h_2 .$$

Iz zadnjeg izraza sređivanjem se dobije gustoća nepoznate tekućine:

$$\boxed{\rho = \frac{p_a (h_1 - h_2)}{g h_t h_2}}.$$

(7 bodova)

Napraviti najmanje 10 mjerenja, izračunati $\rho$ i podatke prikazati tabelarno:

| Br. mjerenja | $h_1$ (m) | $h_2$ (m) | $h_t$ (m) | $\rho$ (kg/m$^3$) | $\Delta\rho$ (kg/m$^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| . | | | | | |

(11 bodova)

Račun pogreške. (5 bodova)