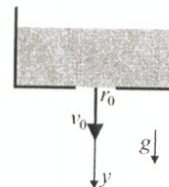


OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 31.1.2007.

Srednje škole – 2. grupa

1. zadatak (10 bodova)

Tekućina koja istječe iz posude koja na dnu ima otvor kružnog oblika ima jasno definiran oblik. Da dobijete jednadžbu ovog oblika pretpostavite da je tekućina u slobodnom padu (bez otpora zraka) nakon što izađe iz posude. U trenutku izlaza iz posude, ona ima brzinu  $v_0$ , a polumjer mlaza je  $r_0$  (slika).



- Nadite izraz za brzinu tekućine kao funkciju udaljenosti  $y$  od izlaza iz cijevi. Nadite izraz za polumjer mlaza vode nakon izlaza iz cijevi kao funkciju od  $y$ .
- Ako je brzina izlaza tekućine iz posude  $v_0 = 1.20 \text{ m/s}$ , na kojoj udaljenosti u vertikalnom ( $y$ ) smjeru će polumjer mlaza biti jednak polovici početnog polumjera ( $r_0$ ).

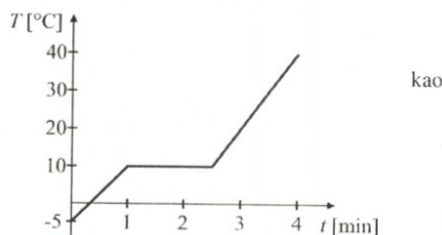
Tekućina je idealna, nestlačiva.

2. zadatak (10 bodova)

U dizel-motoru za paljenje mješavine goriva i zraka nije potrebna svjećica jer se potrebna temperatura postiže kompresijom mješavine. U tipičnom dizel-motoru određena (ulazna) količina mješavine je na temperaturi od  $27^\circ\text{C}$  i tlaku od 1 bara, a komprimira se na  $1/15$  svog početnog volumena dok tlak naraste na 50 bara. Kolika je temperatura mješavine u tom trenutku? Mješavinu goriva i zraka smatrate idealnim plinom. (1 bar =  $10^5 \text{ Pa}$ )

3. zadatak (10 bodova)

Komad metala mase 500 g grijete brzinom od 10 kJ/min. Istovremeno bilježite temperaturu tog komada funkciju vremena (slika).



- Koliko iznosi latentna toplina taljenja ovog metala?
- Koliki su iznosi specifičnih toplinskih kapaciteta tekuće i čvrste faze ovog metala?

NAPOMENA: Promjene nagiba događaju se u točkama s koordinatama (1 min,  $10^\circ\text{C}$ ) i (2.5 min,  $10^\circ\text{C}$ ).

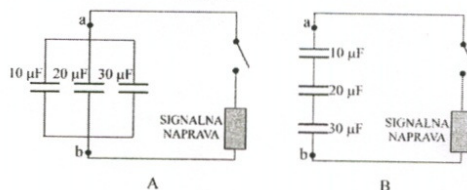
4. zadatak (10 bodova)

- Izračunajte brzinu protona koji se ubrzava iz stanja mirovanja kroz razliku potencijala od 120 V.
- Izračunajte brzinu elektrona koji se ubrzava kroz istu razliku potencijala kao u a) (također iz stanja mirovanja).

U kojem smjeru (od nižeg prema višem potencijalu ili obrnuto) se ubrzava proton, a u kojem elektron? Koja čestica na kraju ima veću brzinu? Zašto? Objasnite! Masa protona je  $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ , a elektrona  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ . Naboje protona je  $+e$ , a elektrona  $-e$ , gdje je  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

5. zadatak (10 bodova)

Paralelna i serijska kombinacija kondenzatora (kapaciteta, redom,  $10 \mu\text{F}$ ,  $20 \mu\text{F}$ ,  $30 \mu\text{F}$ ) između točaka a i b se spoji na 120 V, a zatim u krugove A i B kao na slici. Kad se sklopka zatvori kondenzatori se isprazne kroz signalnu napravu. Koliko naboja će u pojedinom slučaju proći kroz nju?



OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 31.1.2007.

Srednje škole – 2. grupa – rješenja i zadatci

**1. zadatak**

a) Treba izračunati kako brzina tekućine  $v$  ovisi o udaljenosti  $y$  od otvora. Ovo se može napraviti na dva načina. Prvi način je pomoću jednadžbi za vertikalni hitac odn.

$$\begin{aligned} v(t) &= v_0 + gt \\ y(t) &= v_0 t + \frac{g}{2} t^2 \end{aligned} \quad (1)$$

Iz donje jednadžbe se izrazi  $t$  (zanimljivo je samo rješenje veće od nule) i uvrsti u gornju pa se dobije

$$v(y) = \sqrt{v_0^2 + 2gy} \quad [3 \text{ boda}] \quad (2)$$

Isto se može dobiti i pomoću Bernoullijeve jednadžbe (napisane za točku u ravnini izlaza tekućine i točku na udaljenosti  $y$ )

$$P_0 + \frac{1}{2} \rho v_0^2 + 0 = P_0 + \frac{1}{2} \rho v^2 - \rho gy \quad (3)$$

gdje je  $P_0$  atmosferski (statički) tlak, a  $\rho$  gustoća tekućine. Slijedi jednadžba (2). Da se nađe polumjer  $r$  kao funkcija udaljenosti od otvora  $y$  iskoristi se činjenica da je tekućina nestlačiva pa vrijedi jednadžba kontinuiteta odn.

$$S_0 v_0 = S v \Rightarrow r_0^2 \pi v_0 = r^2 \pi v \Rightarrow r = \sqrt{\frac{v_0}{v}} r_0 \quad [2 \text{ boda}] \quad (4)$$

Uvrštavanjem (2) u (4) dobije se

$$r(y) = \sqrt{\frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + 2gy}}} r_0 \quad [3 \text{ boda}] \quad (5)$$

b) Treba naći  $y_1$  za koji je  $r(y_1) = 1/2 \cdot r_0$ . Uz zadani  $v_0 = 1.2 \text{ m/s}$  i uvrštavajući u (5) dobije se

$$y_1 = \frac{15v_0^2}{2g} \approx [1.1 \text{ m}] \quad [2 \text{ boda}] \quad (6)$$

**2. zadatak**

Prema jednadžbi stanja idealnog plina  $PV = nRT$  slijedi

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_K V_K}{T_K} = nR = \text{konst.} \quad [4 \text{ boda}] \quad (7)$$

jer je jedino količina mješavine u procesu nepromijenjena.  $P_0$ ,  $V_0$  i  $T_0$  su, redom, početni tlak, početni volumen i početna temperatura, a  $P_K$ ,  $V_K$  i  $T_K$  analogne veličine na kraju kompresije. Prema tome

$$T_K = \frac{P_K V_K}{P_0 V_0} T_0 = \frac{50 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} \frac{V_0/15}{V_0} \cdot 300 \text{ K} = 1000 \text{ K} \approx [727 \text{ }^\circ\text{C}] \quad [6 \text{ bodova}] \quad (8)$$

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 31.1.2007.

**3. zadatak**

a) Taljenje se događa u dijelu između 1. i 2.5 minute (temperatura metalnog komada se dovođenjem topline ne mijenja). U tom vremenskom intervalu (koji traje 1.5 minutu) se komadu preda toplina od  $\Delta Q = 10 \text{ kJ/min} \cdot 1.5 \text{ min} = 15 \text{ kJ}$ . Prema tome

$$\Delta Q = L \cdot m \Rightarrow L = \frac{15 \text{ kJ}}{0.5 \text{ kg}} = \boxed{30 \text{ kJ/kg}} \quad [4 \text{ boda}] \quad (9)$$

b) Specifični toplinski kapacitet pojedine faze izračunava se na sljedeći način

$$\Delta Q = c_{faza} m \Delta T \quad (10)$$

Ovaj izraz se podijeli s  $m$  i s  $\Delta T$  pa se dobije

$$c_{faza} = \frac{\Delta Q / \Delta t}{\Delta T / \Delta t} \frac{1}{m} \quad [2 \text{ boda}] \quad (11)$$

Pritom je desna strana jednadžbe pomnožena s  $1 = \Delta t / \Delta t$ , gdje je  $\Delta t$  vremenski interval. Sa slike se može iščitati promjena temperature u jedinici vremena  $\Delta T / \Delta t$ . Uz zadani  $\Delta Q / \Delta t = 10 \text{ kJ/min}$  slijedi da je specifični toplinski kapacitet čvrste faze (interval od 0. do 1. minute)

$$c_{\text{čvrsta faza}} = \frac{10^4 \text{ J/min}}{(15 \text{ K}) / (1 \text{ min})} \frac{1}{0.5 \text{ kg}} \approx \boxed{1.3 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}} \quad [2 \text{ boda}] \quad (12)$$

Slično se dobije

$$c_{\text{tekuća faza}} = \frac{10^4 \text{ J/min}}{(30 \text{ K}) / (1.5 \text{ min})} \frac{1}{0.5 \text{ kg}} = \boxed{10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}} \quad [2 \text{ boda}] \quad (13)$$

**4. zadatak**

a) Proton se ubrzava od točke višeg potencijala prema točki nižeg. Vrijedi zakon o očuvanju energije odn.

$$E_{K, \text{poč.}} + U_{\text{poč.}} = E_{K, \text{kon.}} + U_{\text{kon.}} \quad [2 \text{ boda}] \quad (14)$$

gdje  $E_K$  označava (početnu/konačnu) kinetičku energiju, a  $U$  (početnu/konačnu) potencijalnu. Za proton vrijedi

$$0 + qV = \frac{1}{2} m_p v_{p, \text{kon.}}^2 + 0 \quad [2 \text{ boda}] \quad (15)$$

gdje je  $V = 120 \text{ V}$ ,  $q = e$ , a  $v_{p, \text{kon.}}$  konačna brzina protona (kao referenca, uzeto je da je u konačnoj točki prostora potencijalna energija jednaka nuli). Prema tome

$$v_{p, \text{kon.}} = \sqrt{\frac{2eV}{m_p}} \approx \boxed{1.52 \cdot 10^5 \text{ m/s}} \quad [1 \text{ bod}] \quad (16)$$

b) Elektron se ubrzava od točke nižeg prema točki višeg potencijala. Analogno a) slučaju

$$0 + 0 = \frac{1}{2} m_p v_{p, \text{kon.}}^2 + qV \quad [2 \text{ boda}] \quad (17)$$

U ovom slučaju je  $q = -e$  pa je

$$v_{e, \text{kon.}} = \sqrt{\frac{2eV}{m_e}} \approx \boxed{6.49 \cdot 10^6 \text{ m/s}} \quad [1 \text{ bod}] \quad (18)$$

Elektron na kraju ima veću brzinu. Gledano sa stanovišta energije može se reći da su u oba slučaja čestice dobile jednaku kinetičku energiju (ubrzani su kroz jednaku razliku potencijala tj.

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 31.1.2007.

nad njima je električno polje obavilo jednak rad), pa kako je masa elektrona manja od mase protona, veća mu je brzina [2 boda].

**5. zadatak**

a) Da bi se našao naboj na kondenzatorima nakon što ih se spoji na 120 V, mogu se koristiti dva načina

1. način: Na gornjim pločama pojedinog kondenzatora su naboji

$$Q_1 = C_1 U = 10^{-5} \cdot 120 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

$$Q_2 = C_2 U = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 120 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ C} \quad [3 \text{ boda}] \quad (19)$$

$$Q_3 = C_3 U = 3 \cdot 10^{-5} \cdot 120 = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

Na pripadajućim donjim pločama su naboji jednakih iznosa, ali suprotnih predznaka. Struja teče dok naboji na pojedinim kondenzatorima ne budu jednaki 0, odn. kroz signalnu napravu ne prođe

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = \boxed{7,2 \cdot 10^{-3} \text{ C}} \quad [2 \text{ boda}] \quad (20)$$

2. način: Ekvivalentni kapacitet paralelno spojenih kondenzatora je

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ F} \quad (21)$$

pa ako je spojen na 120 V, na njemu je  $Q = CU = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$  i to je upravo naboj koji prođe kroz signalnu napravu.

b) Analogno a) slučaju, izračuna se ekvivalentni kapacitet serijskog spoja kondenzatora i iz toga naboj koji protječe kroz signalnu napravu

$$\frac{1}{C} = 10^5 \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) \Rightarrow C = \frac{6}{11} \cdot 10^{-5} \text{ F} \Rightarrow Q = CU = \boxed{6,55 \cdot 10^{-4} \text{ C}} \quad [5 \text{ bodova}] \quad (22)$$