

ZADACI IZ FIZIKE

**Riješeni ispitni zadaci, riješeni primjeri
i zadaci za vježbu**

**(2. dio)
(2. izdanje)**

1. Potrebno je napraviti splav od hrastovih balvana, a svaki od njih ima težinu 1200 N. Ako se na splav stavi teret od 6000 N splav potone. Odrediti minimalni broj balvana potrebnih da se napravi takav splav (Gustoća vode je 10^3 kgm^{-3} ; a drveta 800 kgm^{-3}).

Rješenje

Splav će početi tonuti kad je sila uzgona jednaka težini splava i tereta.

$$F_u = Nm_B g + m_T g$$

N – broj balvana

$$N \rho_V V_B g = Nm_B g + m_T g$$

Kako je

$$V_B = \frac{m_B}{\rho_B}$$

Dobivamo da je minimalan broj balvana

$$N = \frac{m_T}{m_B \left(\frac{\rho_V}{\rho_B} - 1 \right)} = 20$$

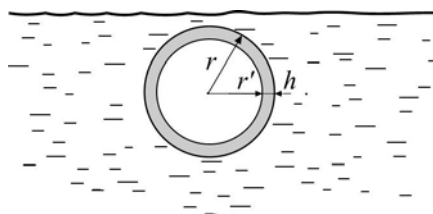
2. Od 20 g aluminija treba napraviti šuplju kuglu koja će lebdjeti u vodi. Odrediti debljinu zida kugle. Gustoća aluminija je 2710 kg/m^3 , a gustoća vode je 1000 kg/m^3 .

Rješenje

Da bi šuplja kugla lebdjela u vodi treba vrijediti

$$F_G = F_u$$

$$mg = \rho g V$$



Tako da je volumen šuplje kugle

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{4r^3 \pi}{3} = 20 \text{ cm}^3$$

Od toga je volumen šupljine

$$V' = V - V_{Al} = m \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_{Al}} \right) = 12,62 \text{ cm}^3$$

Oдавде određujemo radijuse kugle i šupljine, a iz toga debljinu zida.

$$V = \frac{4}{3} r^3 \pi \quad \Rightarrow \quad r = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} V} = 1,68 \text{ cm}$$

$$V' = \frac{4}{3} r'^3 \pi \quad \Rightarrow \quad r' = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} V'} = 1,44 \text{ cm}$$

Debljina zida kugle je

$$h = r - r' = 0,24 \text{ cm}$$

3. Željezni splav, mase 6 t, ima vanjski volumen 56 m^3 . Koliko ljudi, prosječne mase 70 kg može primiti ovaj splav, pod uvjetom da je dozvoljeno potapanje splava samo do polovine njegovog volumena?

Rješenje

Težina splava zajedno s N ljudi treba biti jednaka sili uzgona

$$mg + Nm_{\text{c}}g = \rho \frac{V}{2} g$$

$$N = \frac{\rho \frac{V}{2} - m}{m_{\text{c}}} = 314,29$$

Splav može primiti 314 ljudi.

4. U kojem odnosu moraju biti polumjeri lopte od čelika i lopte od pluta da bi spojene lebdjele u vodi? Gustoća vode je 1000 kg/m^3 , gustoća čelika 7850 kg/m^3 i gustoća pluta 300 kg/m^3 .

Rješenje

Težina lopti treba biti jednaka sili uzgona

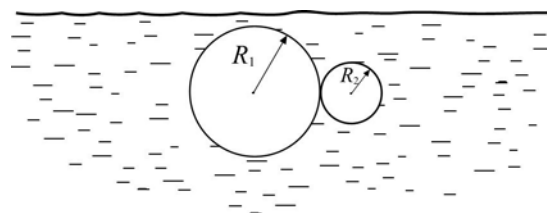
$$m_P g + m_{\text{c}} g = F_U$$

$$\rho_P g V_1 + \rho_{\text{c}} g V_2 = \rho_V g (V_1 + V_2)$$

$$\rho_P \frac{4\pi}{3} R_1^3 + \rho_{\text{c}} \frac{4\pi}{3} R_2^3 = \rho_V \frac{4\pi}{3} (R_1^3 + R_2^3)$$

$$R_1^3 (\rho_V - \rho_P) = R_2^3 (\rho_{\text{c}} - \rho_V)$$

$$\frac{R_1^3}{R_2^3} = \frac{(\rho_{\text{c}} - \rho_V)}{(\rho_V - \rho_P)} = \frac{6850 \text{ kg/m}^3}{700 \text{ kg/m}^3} = 9,785$$



Polumjeri lopti imaju odnos

$$\frac{R_1}{R_2} = 2,14$$

5. Željezna bačva, bez poklopca, mase $m_1 = 4 \text{ kg}$, ima vanjski volumen $V_1 = 0,4 \text{ m}^3$. Koliko je pijeska, gustoće $\rho = 3000 \text{ kgm}^{-3}$, potrebno usuti u bačvu da bi potonula u vodi?

Rješenje

Da bi bačva potonula težina bačve s pijeskom mora biti veća ili jednaka sili uzgona. Dakle minimalna težina bačve jednaka je sili uzgona

$$m_1 g + mg = \rho_v V_1 g$$

$$m = \rho_v V_1 - m_1$$

Minimalan volumen pijeska kojeg treba usuti u bačvu je

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{\rho_v V_1 - m_1}{\rho} = 0,132 \text{ m}^3$$

6. Loptica, mase m i polumjera R zagnjurenjena je u vodu do dubine h i puštena. Do koje visine h_0 će loptica “iskočiti” prilikom izlaska iz vode?

Rješenje

Na lopticu djeluje sila

$$F_u - mg = F$$

Ova sila, ako zanemarimo trenje ubrzava lopticu ubrzanjem

$$a = \frac{F_u - mg}{m} = \frac{\rho g V}{m} - g$$

Tako loptica na površini vode ima brzinu

$$v = \sqrt{2ah} = \sqrt{2h \left(\frac{\rho g V}{m} - g \right)}$$

Visina do koje će loptica uspjeti “iskočiti” je

$$h' = \frac{v^2}{2g} = \left(\frac{\rho V}{m} - 1 \right) h = \left(\frac{\rho 4\pi R^3}{3m} - 1 \right) h$$

7. Kroz horizontalnu cijev teče tekućina gustoće $0,9 \text{ g/cm}^3$. Ako je brzina tekućine u užem dijelu cijevi 5 m/s , a razlika tlakova šireg i užeg dijela iznosi 5 kPa , za koliko je potrebno podići širi dio cijevi da bi se brzina smanjila 50% ? Brzina u užem dijelu ostaje stalna.

Rješenje

Po Bernoullijevoj jednadžbi imamo

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho gh + \frac{\rho v_2^2}{2}$$

Zadatkom je zadano

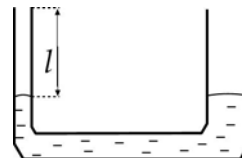
$$v_2 = \frac{v_1}{2}$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = 5 \text{ kPa}$$

Iz ovih izraza dobivamo visinu na koju treba podići širi dio cijevi

$$h = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} - \frac{\Delta p}{\rho g} = 0,39 \text{ m}$$

8. U vertikalnoj “U” cijevi površina unutarnjeg presjeka jednog kraka je S_1 , a drugog $3S_1$. U cijev je nasuta živa (gustoća $13,6 \text{ g/cm}^3$) tako da je $l = 30 \text{ cm}$. Za koliko će se povisiti nivo žive u širem dijelu cijevi ako se u uži dio naliže voda do vrha (gustoća 1 g/cm^3)?

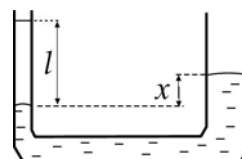


Rješenje

Težina ulivene vode u uži krak cijevi treba biti jednaka težini žive koja se podigla u širem kraku cijevi

$$\rho_v g S_1 l = \rho_z g 3 S_1 x$$

Tako je visina za koju se povisio nivo žive u širem kraku



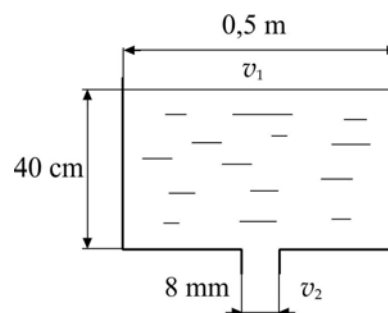
$$x = \frac{\rho_v}{3\rho_z} l = 0,735 \text{ cm}$$

9. Cilindrična posuda promjera $0,5 \text{ m}$ ima na dnu kružni otvor promjera 8 mm . Odrediti brzinu opadanja nivoa vode u posudi u trenutku kada je visina stuba vode 40 cm .

Rješenje

Po Bernoullijevoj jednadžbi imamo

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho gh = \frac{\rho v_2^2}{2}$$



Preko jednadžbe kontinuiteta izrazimo v_2

$$v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1$$

Uvrstivši izraz za v_2 u prvu jednadžbu dobijemo brzinu istjecanja tekućine na visini h , tj. brzinu opadanja nivoa vode

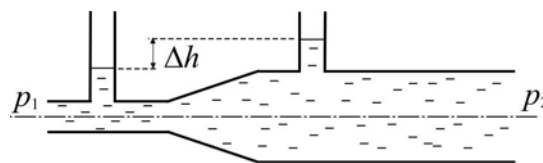
$$v_1 = d_2^2 \sqrt{\frac{2gh}{d_1^4 - d_2^4}} = 7,168 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

10. Kroz horizontalnu cijev protječe voda. Na mjestima gdje su presjeci cijevi $S_1 = 1 \text{ cm}^2$ i $S_2 = 3 \text{ cm}^2$ vertikalno su spojene dvije manometarske cijevi. Neka se odredi protok vode kroz horizontalnu cijev ako je razlika nivoa vode u manometrima $\Delta h = 10 \text{ cm}$.

Rješenje:

Prema Bernoullijevoj jednadžbi možemo pisati

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$$



Razlika nivoa vode u manometrima je Δh , stoga bi oni pokazali razliku pritiska Δp

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \rho g \Delta h$$

Napomena: Promjeri cijevi nisu na visinskoj razlici, već samo nivoi vode u manometrima koji su pokazatelji veličine pritiska.

Protok kroz cijev je očuvan:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 \quad \Rightarrow \quad v_1 = v_2 \cdot \frac{S_2}{S_1}$$

Ako ove izraze uvrstimo u Bernoullijevu jednadžbu dobijemo

$$\Delta p = \frac{\rho v_2^2}{2} \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2} \right)$$

Tako imamo

$$v_2 = S_1 \sqrt{\frac{2g\Delta h}{S_1^2 - S_2^2}} = 0,5 \text{ ms}^{-1}$$

Traženi protok je

$$Q = v_2 S_2 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

11. Na dnu cilindrične posude promjera 0,4 m nalazi se kružni otvor promjera 0,01 m. Odrediti brzinu opadanja nivoa vode u trenutku kada je visina stupa vode 0,3 m.

Rješenje

Po Bernoullijevoj jednadžbi imamo

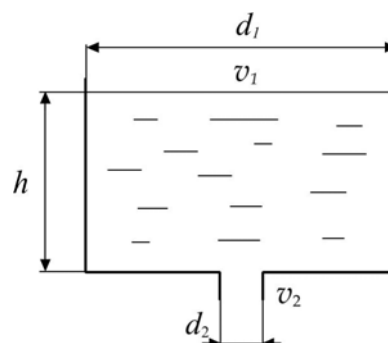
$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho gh = \frac{\rho v_2^2}{2} \quad (1)$$

Iz jednadžbe kontinuiteta izrazimo v_2

$$v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1$$

Uvrstivši izraz za v_2 u (1) dobijemo brzinu istjecanja tekućine na visini h

$$v_1 = d_2^2 \sqrt{\frac{2gh}{d_1^4 - d_2^4}} = 1,516 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$



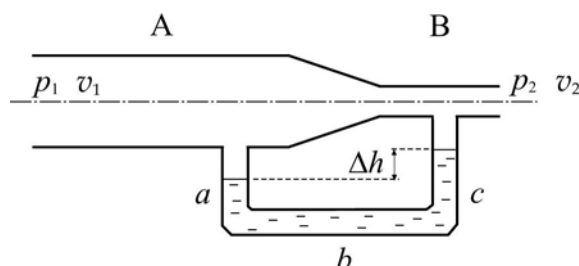
12. Kroz cijev AB struji zrak tako da je protok $Q = 5 \text{ L/min}$. Površina poprečnog presjeka cijevi na širem dijelu je $S_1 = 2 \text{ cm}^2$, a na užem dijelu $S_2 = 0,5 \text{ cm}^2$. Treba odrediti razliku nivoa vode Δh u dijelu cijevi abc . Gustoća zraka je $1,32 \text{ kg/m}^3$, gustoća vode 1000 kg/m^3 .

Rješenje

Bernoullijeva jednadžba za ovaj slučaj je

$$p_1 + \rho_z \frac{v_1^2}{2} = p_2 + \rho_z \frac{v_2^2}{2}$$

$$p_1 - p_2 = \frac{\rho_z}{2} (v_2^2 - v_1^2) \quad (1)$$



Razlika nivoa vode u dijelu cijevi abc (koja predstavlja manometar) pokazuje razliku tlakova p_1 i p_2 .

$$p_1 - p_2 = \Delta p = \rho g \Delta h \quad (2)$$

Preko jednadžbe kontinuiteta izrazimo v_2

$$v_1 = \frac{S_2}{S_1} v_2 \quad (3)$$

Izraze (2) i (3) uvrstimo u (1) i dobivamo

$$\Delta h = \frac{\rho_z}{2\rho g} v_2^2 \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2} \right) = 1,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

13. Dva štapa od istog metala imaju duljine $l_1 = 200 \text{ cm}$ i $l_2 = 200,2 \text{ cm}$ na temperaturi $T = 20^\circ\text{C}$. Ako se kraći štap zagrije, a duži ohladi za istu razliku temperatura ΔT , njihove duljine se izjednače. Kolike su tada temperature štapova? Temperaturni koeficijent linearnog rastezanja metala je $\alpha = 23 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$.

Rješenje

Poslije zagrijavanja prvog štapa i hlađenja drugog štapa njihove duljine su iste.

$$l_1' = l_2'$$

$$l_1(1 + \alpha\Delta T_1) = l_2(1 + \alpha\Delta T_2)$$

$$\Delta T_1 = \Delta T; \Delta T_2 = -\Delta T$$

$$l_1(1 + \alpha\Delta T) = l_2(1 - \alpha\Delta T)$$

$$\Delta T = \frac{l_2 - l_1}{\alpha(l_1 + l_2)} = 21,73 \text{ K}$$

Temperatura prvog štapa $41,73^\circ\text{C}$, a drugog $-1,73^\circ\text{C}$.

14. Staklena posuda, volumena $V = 10 \text{ L}$, napunjena je sumpornom kiselinom na temperaturi $t_1 = 0^\circ\text{C}$. Koliko će kiseline isteći iz posude ako se ostavi na suncu, pri čemu se zagrije do temperature $t_2 = 40^\circ\text{C}$? Temperaturni koeficijent linearnog rastezanja stakla je $\alpha = 8,1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, a temperaturni koeficijent volumnog rastezanja sumporne kiseline je $\gamma = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

Rješenje

Pri porastu temperature za ΔT volumen sumporne kiseline će porasti za ΔV_S

$$V_S = V_{S0} + \Delta V_S = V_{S0}(1 + \gamma\Delta T)$$

Pri porastu temperature za ΔT volumen posude će porasti za ΔV_P

$$V_P = V_{P0} + \Delta V_P = V_{P0}(1 + 3\alpha\Delta T)$$

$$V_{S0} = V_{P0} = V_0$$

Razlika $\Delta V_S - \Delta V_P$ predstavlja višak sumporne kiseline koja će isteći iz posude.

$$\Delta V = V_s - V_p = V_0(\gamma\Delta T - 3\alpha\Delta T) = 214,3\text{ cm}^3$$

15. Na čeonim sastavcima željezničkih tračnica, dužine $l = 25$ m i površine poprečnog presjeka $S = 80\text{ cm}^2$, ostavljen je razmak od $\Delta l = 10$ mm na temperaturi $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Temperaturni koeficijent linearnog rastezanja tvari od koje su načinjene tračnice iznosi $\alpha = 10 \cdot 10^{-6}\text{ }1/^\circ\text{C}$, a njen Youngov modul elastičnosti $E_y = 200\text{ GPa}$. Odrediti temperaturu na kojoj će se tračnice sastaviti.

Rješenje

Produženje tračnica povećanjem temperature je

$$\Delta l = l\alpha\Delta t$$

Potrebno povećanje temperature je

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{l\alpha}$$

Temperatura na kojoj će se sastaviti tračnice je

$$t_2 = t_1 + \Delta t = t_1 + \frac{\Delta l}{l\alpha} = 60^\circ\text{C}$$

16. U posudi, mase $m = 150$ g i specifičnog toplinskog kapaciteta $c = 837\text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, nalazi se količina vode, mase $m_1 = 1300$ g, na temperaturi $t_1 = 18^\circ\text{C}$. Za koliko će se povisiti temperatura vode ako se u posudi kondenzira količina vodene pare, mase $m_2 = 30$ g na standardnom tlaku? Latentna toplota kondenziranja vodene pare je $L_K = 2,26\text{ MJ/kg}$.

Rješenje

Količina topline koju prime posuda i voda jednaka je količini topline koju preda vodena para kondenzacijom i nakon toga hlađenjem od 100°C do temperature t' .

$$Q_1 = Q_2$$

$$mc(t' - t_1) + m_1c_1(t' - t_1) = m_2c_1(t_K - t') + m_2L_K$$

t' - temperatura smjese nakon izmjene topline;

c_1 - specifični toplinski kapacitet vode, $c_1 = 4,19\text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$;

$mc(t' - t_1)$ - količina topline koju prima posuda;

$m_1c_1(t' - t_1)$ - količina topline koju prima voda;

$m_2c_1(t' - t_K)$ - količina topline koja se oslobađa hlađenjem vode mase m_2 s 100°C na 0°C ;

$Q_4 = m_2L_K$ - količina topline koja se oslobađa kondenziranjem vodene pare mase m_2 .

Temperatura vode će se povisiti za $\Delta t = t' - t_1$.

U prethodnu jednadžbu uvrstimo izraz za t' pa dobivamo

$$\Delta t = \frac{m_2 c_1 (t_k - t_1) + m_2 L_k}{m c + m_1 c_1 + m_2 c_1} = 13,7^\circ$$

17. U cilindričnom spremniku, visine 10 m, nalazi se nafta na temperaturi 0°C . Spremnik je ispunjen do nivoa 20 cm ispod vrha, kao što je prikazano na slici. Ukoliko se temperatura poveća na 30°C odrediti da li će se nafta preliti preko vrha i u kojoj količini:

- i. ako zanemarimo širenje cilindričnog spremnika, te
- ii. ako uzmemo u obzir širenje cilindričnog spremnika?

Temperaturni koeficijent linearnog rastezanja željeza je $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$, a temperaturni koeficijent volumnog širenja nafte je $\gamma = 10^{-3} \text{ 1/K}$.

Rješenje

a) Volumen nafte nakon zagrijavanja je

$$V_N = V_{N0}(1 + \gamma \Delta T) = R^2 \pi \cdot 9,80 \text{ m} (1 + 10^{-3} \text{ K}^{-1} \cdot 30 \text{ K}) = 10,094 \text{ m} \cdot R^2 \pi$$

$$V_N - V_S = 10,094 \text{ m} \cdot R^2 \pi - 10 \text{ m} \cdot R^2 \pi = R^2 \pi \cdot 0,094 \text{ m}$$

Nafta će se preliti u količini $R^2 \pi \cdot 0,094 \text{ m}$.

b) U ovom slučaju se i spremnik širi

$$V_S = V_{S0}(1 + 3\alpha \Delta T) = R^2 \pi \cdot 10 \text{ m} (1 + 3 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \cdot 30 \text{ K}) = 10,001 \text{ m} \cdot R^2 \pi$$

$$V_N - V_S = 10,094 \text{ m} \cdot R^2 \pi - 10,001 \text{ m} \cdot R^2 \pi = R^2 \pi \cdot 0,093 \text{ m}$$

Nafta će se i u ovom slučaju preliti u količini $R^2 \pi \cdot 0,093 \text{ m}$.

18. Kolika je potrebna količina vodene pare na temperaturi 100°C i na atmosferskom tlaku 1013,25 mbar za topljenje komada leda, mase $m = 50 \text{ g}$, čija je temperatura $t = -4^\circ\text{C}$? Specifični toplinski kapacitet leda je $c = 2 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$, latentna toplina topljenja leda $L_t = 335 \text{ kJ/kg}$, a latentna toplina kondenziranja vodene pare je $L_k = 2,26 \text{ MJ/kg}$.

Rješenje

Količina topline koju primi led za zagrijavanje i topljenje jednaka je količini topline koju preda vodena para kondenzacijom i nakon toga hlađenjem od 100°C do 0°C .

$$Q_1 = Q_2$$

$$m c (t_t - t) + m L_t = m_1 c (t_k - t_t) + m_1 L_k$$

$m c (t_t - t)$ - količina topline koju treba dovesti ledu da mu se poveća temperatura na 0°C ;

$m L_t$ - količina topline potrebna za topljenje leda mase m ;

$m_1 c (t_k - t_t)$ - količina topline koju oslobađa voda mase m_1 hladeći se s 100°C na 0°C ;

$m_1 L_k$ - količina topline koja se oslobađa kondenziranjem vodene pare mase m_1 .

Tako je masa potrebne količine vodene pare

$$m_1 = \frac{mc(t_t - t) + mL_t}{L_k + c(t_k - t_t)} = 6,97 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \approx 7 \text{ g}$$

19. Imamo posudu koja je podijeljena pregradom na dva dijela. Tlak plina u jednom dijelu posude je $p_1 = 0,2 \text{ MPa}$, a u drugom dijelu $p_2 = 0,4 \text{ MPa}$. Iste količine plina se nalaze u jednom i drugom dijelu posude. Koliki će biti tlak u posudi ako uklonimo pregradu?

Rješenje

Stanje plina u jednom i drugom dijelu izražavamo jednadžbom stanja idealnog plina

$$p_1 V_1 = n_1 RT$$

$$p_2 V_2 = n_2 RT$$

Nakon što uklonimo pregradu imamo

$$p(V_1 + V_2) = (n_1 + n_2)RT$$

Broj molekula možemo izraziti preko mase i molarne mase.

$$n_1 = \frac{m}{M} = n_2$$

Na osnovi ovih izraza imamo

$$p = \frac{2p_1 p_2}{p_1 + p_2} = 0,27 \text{ MPa}$$

20. Posuda s helijem ima masu 21 kg na temperaturi od -3 °C i pri tlaku $6,5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$. Na toj istoj temperaturi, ali uz tlak od $2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ masa posude s helijem iznosi 20 kg. Kolika se masa helija nalazi u posudi uz tlak od $1,5 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ i na temperaturi 27 °C ?

Rješenje

Koristeći jednadžbu stanja idealnog plina imamo

$$p_1 V = n_1 R T_1; \quad n_1 = \frac{m_1}{M_{\text{He}}}$$

$$p_2 V = \frac{m_2}{M_{\text{He}}} R T_1$$

gdje je m_1 masa helija u posudi pri temperaturi $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ i pri tlaku $6,5 \cdot 10^6\text{ Pa}$, m_2 masa helija u posudi pri istoj temperaturi i pri tlaku $2 \cdot 10^6\text{ Pa}$, M_{He} molna masa helija.

Iz ove dvije jednačbe dobivamo

$$m_1 = m_2 \frac{p_1}{p_2}$$

U zadatku su zadane mase posuda zajedno s helijem

$$m'_1 = m_1 + m$$

$$m'_2 = m_2 + m$$

Oduzmemo li ove dvije jednačbe i uvrstimo li gornji izraz za m_1 dobivamo masu m_2

$$m_2 = \frac{m'_1 - m'_2}{\left(\frac{p_1}{p_2} - 1\right)} = 0,44\text{ kg}$$

Koristeći ponovo jednačbu stanja idealnog plina imamo

$$p_2 V = \frac{m_2}{M_{\text{He}}} RT_1$$

$$p_3 V = \frac{m_3}{M_{\text{He}}} RT_2$$

Iz ovih jednačbi dobivamo rješenje

$$m_3 = m_2 \frac{p_3}{p_2} \frac{T_1}{T_2} = 2,97\text{ kg}$$

21. Dušik pri temperaturi $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ima volumen 10 L . Koliki će imati volumen ako ga zagrijemo do temperature $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ pri čemu tlak ostaje konstantan?

Rješenje

Jednačbu stanja idealnog plina

$$pV = nRT$$

možemo izraziti u obliku

$$\frac{pV}{T} = nR = \text{const.}$$

Tako je

$$\frac{pV_1}{T_1} = \frac{pV_2}{T_2}$$

Odakle je

$$V_2 = \frac{T_2}{T_1} V_1 = 13,33 \text{ L}$$

22. U prostoriji volumena 60 m^3 temperatura se povisi od 17°C do 27°C . Pri tome se tlak zraka promijeni od $p_1 = 1030 \text{ mbar}$ na $p_2 = 1060 \text{ mbar}$. Kolika je promjena mase zraka u prostoriji? Molna masa zraka je $0,029 \text{ kg/mol}$.

Rješenje

Iz jednadžbe stanja idealnog plina masa je

$$m = \frac{MVp_1}{RT_1}$$

Tako je promjena mase

$$\Delta m = m_1 - m_2 = \frac{MV}{R} \left(\frac{p_1}{T_1} - \frac{p_2}{T_2} \right) \approx 384 \text{ g}$$

23. Dvije jednake metalne kuglice, svaka mase $1,2 \text{ g}$, obješene su u istoj točki na svilenim nitima dugačkim $l = 1 \text{ m}$ tako da se upravo dotiču. Kuglice se nalaze u zraku. Dotaknemo li jednu od njih nabijenim staklenim štapom, kuglice se odbiju tako da niti međusobno zatvaraju kut $\alpha = 20^\circ$.

- Kolika je kulonska sila između kuglica?
- Koliki je naboj na svakoj kuglici?

Rješenje

- a) Na svaku kuglicu djeluje Coulombova sila \vec{F}_C i sila teža \vec{F}_G

$$\vec{F}_G + \vec{F}_C = \vec{F}$$

Zbroj tih dviju sila daje silu \vec{F} čiji je iznos jednak iznosu sile zatezanja \vec{F}_Z

$$F = F_Z$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{F_C}{F_G}$$

Iznos Coulombove sile je

$$F_C = F_G \tan \frac{\alpha}{2} = mgt \tan \frac{\alpha}{2} = 2,076 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

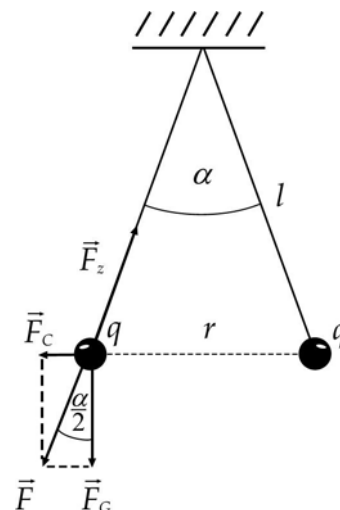
b) Izraz za iznos Coulombove sile je

$$F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{r^2}$$

Odakle je

$$q = r \sqrt{4\pi\epsilon_0 \cdot F_C}$$

$$r = 2l \sin \frac{\alpha}{2}$$



Naboj na jednoj kuglici je

$$q = 2l \sin \frac{\alpha}{2} \sqrt{4\pi\epsilon_0 \cdot F_C} = 1,67 \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

24. Rastojanje između dva točkasta naboja $q_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ i $q_2 = -3 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ iznosi 8 cm. Odrediti jačinu električnog polja u točki koja je od pozitivnog naboja udaljena 7 cm, a od negativnog naboja 5 cm (za vakuum $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$).

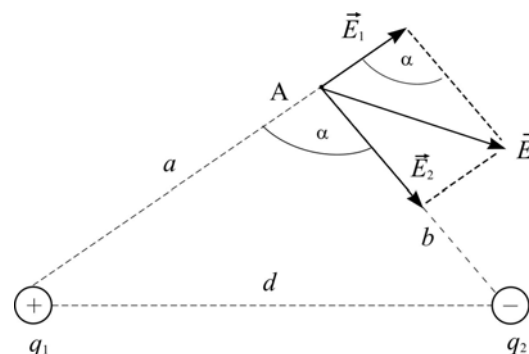
Rješenje

Iznosi električnih polja E_1 i E_2 su

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1}{a^2} = 36,685 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$$

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_2}{b^2} = 107,853 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$$

Iznos rezultirajućeg polja E možemo dobiti uz pomoć kosinusnog poučka.



$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos \alpha} = 108,84 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$$

Kosinus kuta α smo također dobili pomoću kosinusovog poučka

$$d^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{a^2 + b^2 - d^2}{2ab} = 0,143$$

25. Na kružnici polumjera 4 cm, na jednakom rastojanju jedan od drugog nalaze se tri naboja $q_1 = q_2 = +\frac{2}{3} \cdot 10^{-8} \text{ C}$ i $q_3 = -\frac{2}{3} \cdot 10^{-8} \text{ C}$. Odrediti jakost električnog polja u centru kružnice. Naboji se nalaze u zraku ($\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$.)

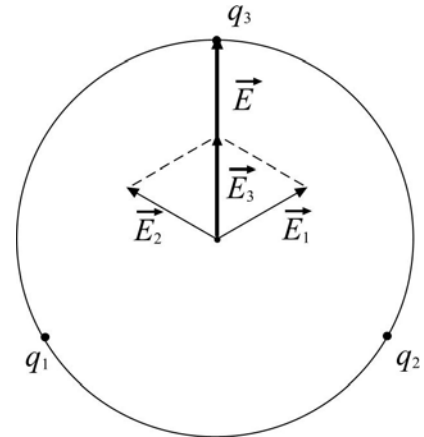
Rješenje

Iznosi električnih polja su jednaki.

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1}{r_1^2} = 37645,625 \text{ V/m}$$

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_2}{r_2^2} = 37645,625 \text{ V/m}$$

$$E_3 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_3}{r_3^2} = 37645,625 \text{ V/m}$$



Koristeći kosinusov poučak zbrajamo E_1 i E_2

$$E_{1,2} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos 120^\circ} = 37645,625 \text{ V/m}$$

$$E_{1,2} = 37645,625 \text{ V/m}$$

Iznos rezultirajućeg polja u središtu kružnice je

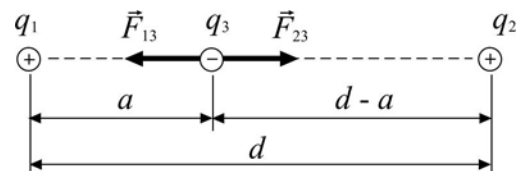
$$E = E_{1,2} + E_3 = 75291,25 \text{ V/m}$$

26. Dva točkasta naboja $q_1 = 1 \mu\text{C}$ i $q_2 = 9 \mu\text{C}$ međusobno su udaljena $d = 10 \text{ cm}$. Na kojem mjestu na spojnici ova dva naboja treba staviti negativni naboj q_3 da bi električna sila koja djeluje na njega iščezla?

Rješenje

Ukupna električna sila na naboj q_3 treba biti jednaka nuli.

$$\vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = 0 \quad \text{dakle} \quad \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23}$$



Iznosi sila od međudjelovanja s nabojima q_1 i q_2 moraju biti jednaki.

$$F_{13} = F_{23}$$

$$F_{13} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_3}{a^2} \quad F_{23} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_2 \cdot q_3}{(d-a)^2}$$

Izjednačivši ova dva izraza dobivamo

$$a = \frac{d}{1 + \sqrt{\frac{q_2}{q_1}}} = 2,5 \text{ cm}$$

27. Količine naboja, $q_1 = q$ i $q_2 = -q$, nalaze se na udaljenosti l . Kolika je jakost rezultirajućeg električnog polja u točki A (slika), koja se nalazi na udaljenosti r od količine naboja q_1 ?

Rješenje

Ukupno električno polje je

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

Iznosi električnih polja E_1 i E_2 su

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2 + l^2}$$

Iznos ukupnog električnog polja možemo dobiti koristeći kosinusov poučak

$$E = E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos \varphi$$

Gdje je

$$\cos \varphi = \frac{r}{\sqrt{r^2 + l^2}}$$

Tako je

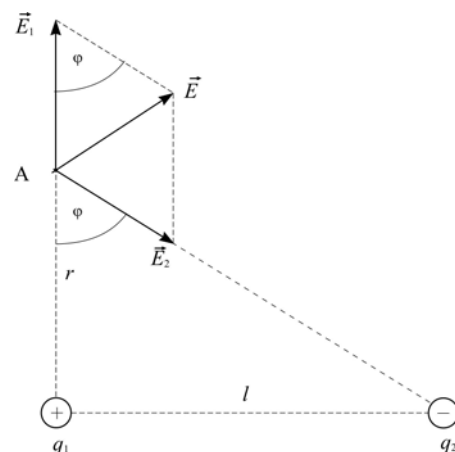
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q^2}{r^4} + \frac{q^2}{(r^2 + l^2)^2} - 2 \frac{q^2}{r(r^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

28. Kolika je razlika potencijala između dvije točke u Coulombovom polju točkastog naboja $q = 30 \text{ nC}$, koje su na udaljenosti $r_1 = 5 \text{ cm}$ i $r_2 = 3 \text{ cm}$ od središta tog polja? Točke se nalaze u zraku ($\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$).

Rješenje:

Razlika potencijala u prvoj i drugoj točki je:

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = -3597 \text{ V}$$



Negativan predznak pokazuje da je prva točka na nižem potencijalu od druge točke. Ako bi htjeli neki naboj pomaknuti iz prve točke u drugu točku trebamo izvršiti rad. (Radi se o oba pozitivna naboja.)

29. U vrhovima kvadrata stranice $a = 0,1 \text{ m}$ nalaze se četiri jednaka pozitivna naboja $q = 0,1 \text{ nC}$. Izračunati iznos Coulombove sile koja djeluje na svaki od naboja i naći smjer tih sila. Naboji se nalaze u zraku ($\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$).

Rješenje

Coulombova sila na naboj q_1 jednaka je zbroju međudjelovanja s nabojsima q_2 , q_3 i q_4

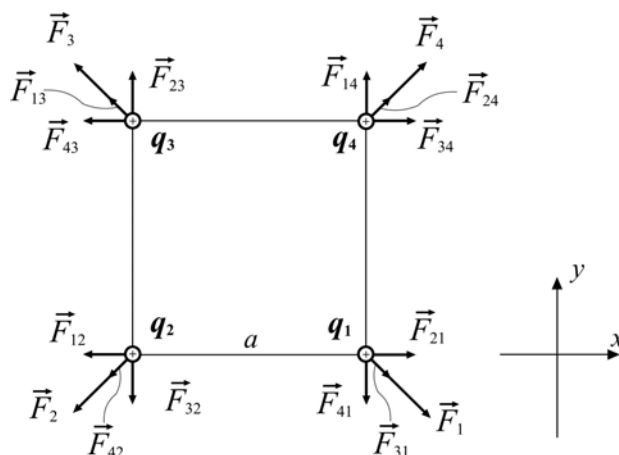
$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} + \vec{F}_{41}$$

Analogno vrijedi i za q_2 , q_3 i q_4

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} + \vec{F}_{42}$$

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{43}$$

$$\vec{F}_4 = \vec{F}_{14} + \vec{F}_{24} + \vec{F}_{34}$$



Iznos Coulombove sile na naboj q_1 je

$$F_1 = \sqrt{F_{21}^2 + F_{41}^2} + F_{31} = 1,723 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

Iznosi ostalih sila su isti

$$F_2 = F_3 = F_4 = F_1 = 1,723 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

30. Metalna lopta, polumjera $R = 1 \text{ cm}$, naelektrizirana je količinom naboja $q = 40 \text{ nC}$. Lopta se nalazi u ulju relativne električne permitivnosti $\epsilon_r = 4$. Koliki je potencijal električnog polja u točki koja se nalazi na udaljenosti $d = 2 \text{ cm}$ od površine lopte? ($\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$)

Rješenje

Potencijal u nekoj točki izvan metalne lopte nabijene nabojem q je isti kao potencijal od iste količine naboja skoncentrirane u točki u središtu lopte.

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{q}{R+d} = 3000 \text{ V}$$

31. Kuglica mase $0,5 \text{ g}$, nabijena nabojem $2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, premjesti se iz točke A, u kojoj je potencijal 600 V , u točku B, u kojoj je potencijal 100 V . Kolika je brzina kuglice u točki B ako je iz točke A kuglica krenula iz mirovanja?

Rješenje

Razlika potencijala, tj. napon ubrzava kuglicu do brzine v . Kinetička energija kuglice jednaka je, dakle, radu kojeg izvrši Coulombova sila.

$$\frac{mv^2}{2} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$$

Odavde dobivamo brzinu kuglice

$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}} = 2 \text{ ms}^{-1}$$

32. Elektron ulijeće u prostor između ploča kondenzatora s pravcem gibanja paralelnim pločama kondenzatora, a izlazi pomaknut za $h = 1 \text{ mm}$. Duljina ploča je $s = 5 \text{ cm}$, a međusobna udaljenost $d = 1 \text{ cm}$. Između ploča vlada napon $U = 250 \text{ V}$. Odrediti srednju brzinu kretanja elektrona između ploča kondenzatora. Masa elektrona je $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, a električni naboj $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

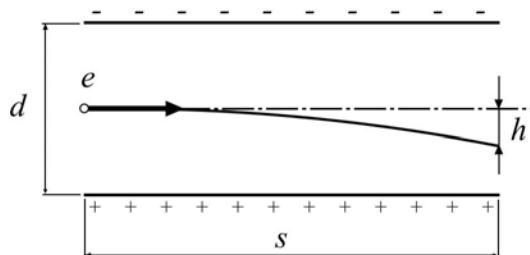
Rješenje

Električno polje između ploča kondenzatora ubrzava elektron duž osi y ubrzanjem:

$$a_y = \frac{F}{m_e} = \frac{eE}{m_e} = \frac{eU}{m_e d}$$

Pomak duž osi y je

$$h = a_y \frac{t^2}{2} = \frac{eU}{m_e d} \frac{t^2}{2}$$



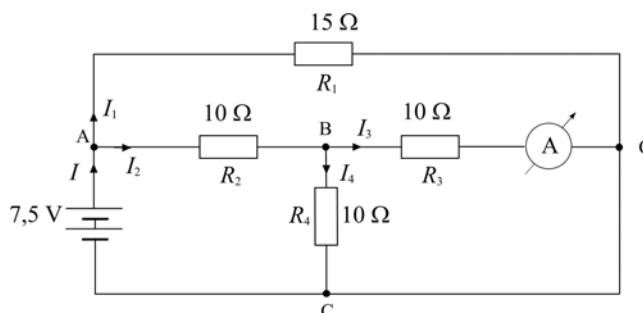
Odavde možemo odrediti vrijeme za koje elektron prođe između ploča kondenzatora

$$t = \sqrt{\frac{2hm_e d}{eU}}$$

Srednja brzina kretanja elektrona između ploča kondenzatora je

$$\bar{v}_x = \frac{s}{t} = s \sqrt{\frac{eU}{2hm_e d}} = 7,4 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$$

33. Kolika struja teče kroz ampermetar? (Zanemariti otpor ampermetra i baterije.)



Rješenje

Trebamo odrediti ukupni električni otpor da bismo izračunali jakost struje kroz strujni krug. Najprije odredimo ekvivalentni otpor paralelno spojenih otpornika R_3 i R_4

$$\frac{1}{R_{34}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \Rightarrow R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 5 \, \Omega$$

Ekvivalentni otpor serijski spojenih otpornika R_2 i R_{34}

$$R_{234} = R_2 + R_{34} = 15 \, \Omega$$

Ukupni otpor je

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{234}} \Rightarrow R = \frac{R_1 R_{234}}{R_1 + R_{234}} = 7,5 \, \Omega$$

Jakost struje kroz strujni krug

$$I = \frac{U}{R} = 1 \, \text{A}$$

Jakost struje koja teče kroz otpornik R_1 je

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{7,5 \, \text{V}}{15 \, \Omega} = 0,5 \, \text{A}$$

Koristeći prvo Kirchhoffovo pravilo dobivamo struju I_2

$$I_2 = I - I_1 = 1 \, \text{A} - 0,5 \, \text{A} = 0,5 \, \text{A}$$

Napon u grani BC je

$$U_{BC} = U - U_{AC} = U - I_2 R_2 = 2,5 \, \text{V}$$

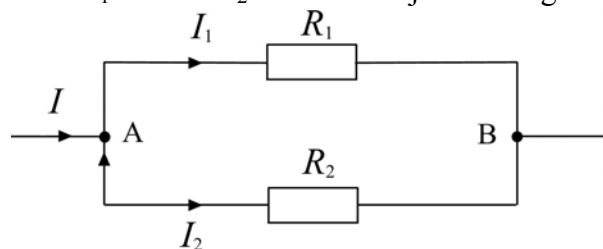
Struja kroz ampermetar je:

$$I_3 = \frac{U_{BC}}{R_3} = \frac{2,5 \, \text{V}}{10 \, \Omega} = 0,25 \, \text{A}$$

34. Kolike su jakost struje i snaga struje kroz otpornike $R_1 = 1 \, \Omega$ i $R_2 = 9 \, \Omega$ u strujnome krugu na slici, ako je ukupna jakost struje $I = 1 \, \text{A}$?

Rješenje

Za čvor A vrijedi



$$I = I_1 + I_2$$

R_1 i R_2 spojeni su na isti napon, stoga vrijedi

$$I_1 R_1 = I_2 R_2$$

Odavde slijedi

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0,9 \text{ A}; \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 0,1 \text{ A}$$

$$P_1 = U_{AB} I_1 = R_1 I_1^2 = 0,81 \text{ W}$$

$$P_2 = U_{AB} I_2 = R_2 I_2^2$$

35. Proton, ubrzan razlikom potencijala od 9kV, uleti u homogeno magnetsko polje jakosti 1T, u smjeru okomitom na smjer magnetskog polja. Odrediti polumjer zakrivljenosti putanje i moment količine gibanja protona.

Rješenje

Razlika potencijala, tj. napon ubrzava kuglicu do brzine \vec{v} . Kinetička energija kuglice jednaka je, dakle, radu kojeg izvrši Coulombova sila.

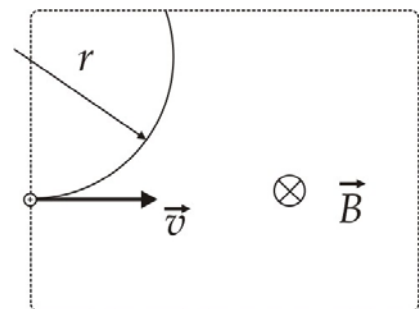
$$\frac{m_p v^2}{2} = eU$$

Proton se u magnetskom polju počinje rotirati jer magnetska sila, pošto djeluje u smjeru okomitom na smjer gibanja protona, predstavlja centripetalnu silu

$$\frac{m_p v^2}{r} = evB$$

Iz ove dvije relacije dobivamo radijus zakrivljenosti putanje

$$r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2m_p U}{e}} = 1,37 \text{ cm}$$



Masa protona iznosi $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Moment količine gibanja protona iznosi

$$L = m_p v r = r \sqrt{2m_p e U} = 3,005 \cdot 10^{-21} \text{ kgm}^2/\text{s}$$

36. Dva beskonačno duga ravna vodiča, kroz koje protječu struje jednakih jakosti od 10 A, križaju se pod pravim kutom. Smjerovi struja označeni su na slici. Kolika je jakost magnetskog polja u točkama A i B koje su udaljene od oba vodiča 1 m.

Rješenje

Jakost magnetskog polja u točki A je

$$B_A = \sqrt{B_{A1}^2 + B_{A2}^2}$$

Jakost magnetskog polja u točki B je

$$B_B = \sqrt{B_{B1}^2 + B_{B2}^2}$$

Pošto su jakosti struje

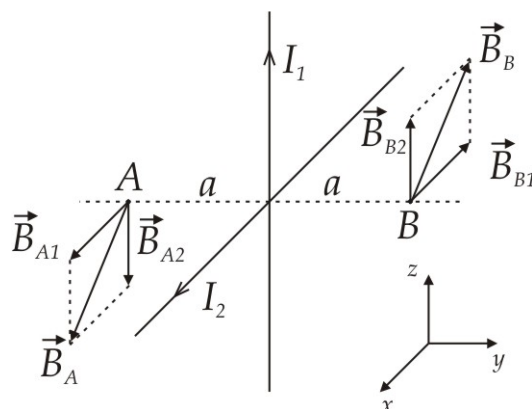
$$I_1 = I_2 = I$$

jakosti pojedinih magnetskih polja su

$$B_{A1} = B_{B1} = B_{A2} = B_{B2} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

Tako je

$$B_A = B_B = \sqrt{2} \frac{\mu_0 I}{2\pi a} = 14,1 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$



1. Željezni splav, mase 8 t, ima vanjski volumen 40 m^3 . Koliko ljudi, prosječne mase 60 kg može primiti ovaj splav, pod uvjetom da je dozvoljeno potapanje splava samo do polovine njegovog volumena? (Rješenje: 200 ljudi)
2. Koliki rad je potrebno uložiti da bi se kocka, stranica $a = 20 \text{ cm}$, izrađena od drveta gustoće $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$, potopila u vodu?
(Rješenje: $W = 0,31 \text{ J}$)
3. U moru pliva santa leda tako da joj iznad površine viri volumen 195 m^3 . Koliki je ukupan volumen sante leda ako je gustoća morske vode $\rho_v = 1,03 \text{ g/cm}^3$, a gustoća leda $\rho_{\text{led}} = 0,9 \text{ g/cm}^3$?
(Rješenje: $V = 1349,4 \text{ m}^3$)
4. Tijelo od pluta privezano je nekom niti za dno jezera tako da je 60 % volumena tijela ispod površine vode. Odrediti silu zatezanja niti ako je težina tijela G .
(Rješenje: $F_z = 0,6G \frac{\rho_v}{\rho_p} - G = G(0,6 \frac{\rho_v}{\rho_p} - 1)$)
5. Odrediti apsolutni tlak na morskom dnu na dubini od 30 m ako je atmosferski tlak jednak tlaku od 720 mm žive. Gustoća žive iznosi 13600 kg/m^3 , a gustoća morske vode je 1020 kg/m^3 .
(Rješenje: $p = 396,245 \text{ kPa}$)
6. Na dnu cilindrične posude promjera $d = 0,4 \text{ m}$ nalazi se kružni otvor promjera $d_1 = 0,01 \text{ m}$. Odrediti brzinu opadanja nivoa vode u trenutku kad je visina vode u posudi $h = 0,3 \text{ m}$.
(Rješenje: $v = 1,516 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$)
7. Na temperaturi $t_1 = 10^\circ\text{C}$ u metalni spremnik može se uliti količina nafte čija masa je $m_1 = 10525 \text{ kg}$, a na temperaturi $t_2 = 30^\circ\text{C}$ masa ulivene količine nafte je $m_2 = 10575 \text{ kg}$. Koliki je linearni koeficijent toplinskog rastezanja metala od kojeg je načinjen spremnik? Volumni koeficijent toplinskog širenja nafte je $\gamma = 9 \cdot 10^{-4} \text{ 1/K}$. (Rješenje: $\alpha = 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$)
8. U posudu, u kojoj se nalazi 10 kg vode na temperaturi 10°C , stavi se komad leda ohlađen na temperaturu -50°C . Temperatura smjese nakon izjednačenja je -4°C . Kolika je masa leda stavljena u posudu? Specifični toplinski kapacitet vode je $c_1 = 4,2 \cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, a specifični toplinski kapacitet leda je $c_2 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$. Latentna toplina taljenja leda je $L_t = 3,36 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$.
(Rješenje: $m = 40,9 \text{ kg}$)
9. Koliku je količinu topline potrebno dovesti količini leda, mase $m = 1 \text{ kg}$, koji se nalazi na temperaturi $t = -10^\circ\text{C}$, da bi se pretvorio u paru? Promjena agregatnog stanja vrši se na standardnom tlaku. Specifični toplinski kapacitet leda je $c_1 = 0,2 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$, a specifični toplinski kapacitet vode je $c_2 = 4,19 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$. Latentna toplina topljenja (očvršćivanja) leda je $L_T = 335 \text{ kJ/kg}$, a latentna toplina kondenziranja (isparavanja) vodene pare je $L_K = 2,26 \text{ MJ/kg}$.
(Rješenje: $Q = 3,016 \text{ MJ}$)
10. Na sredini diska nalazi se kružni otvor promjera $D = 12,15 \text{ mm}$ na temperaturi $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Do koje temperature je potrebno zagrijati disk kako bi kroz ovaj otvor mogla proći metalna

kuglica promjera $d = 12,18 \text{ mm}$? Linearni koeficijent toplinskog rastezanja metala od kojeg je načinjen disk je $\alpha = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$.

(Rješenje: $t_2 = 157^\circ\text{C}$)

11. Dužina šipke je 1000 mm na temperaturi 0°C , a 1002 mm pri temperaturi 100°C . Odrediti pri kojoj temperaturi će dužina šipke biti $1011,6 \text{ mm}$.

(Rješenje: $T = 580^\circ\text{C}$)

12. Metalna lopta ima promjer $d_1 = 15 \text{ cm}$ na temperaturi $t_1 = 10^\circ\text{C}$. Za koliko se poveća površina lopte kad se ona zagrije do temperature $t_2 = 80^\circ\text{C}$? Linearni koeficijent toplinskog rastezanja metala od kojeg je načinjena lopta je $\alpha = 15 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$.

(Rješenje: $\Delta S = 1,48 \text{ cm}^2$)

13. U bakarnoj posudi, mase $m = 100 \text{ g}$, nalazi se količina vode, mase $m_1 = 200 \text{ g}$, na temperaturi $t_1 = 4^\circ\text{C}$. U posudu se unese bakarno tijelo, mase $m_2 = 300 \text{ g}$, čija je temperatura $t_2 = -20^\circ\text{C}$. Kolika je krajnja temperatura u posudi?

(Rješenje: $t_s = 1,1^\circ\text{C}$)

14. Posuda, volumena $V = 10 \text{ cm}^3$, sadrži $N = 5,4 \cdot 10^{20}$ molekula nekog plina na temperaturi $t = 0^\circ\text{C}$. Koliki je tlak plina u posudi?

(Rješenje: $p = 204 \text{ kPa}$)

15. Kolika je promjena temperature plina ako se volumen poveća dva puta, a tlak smanji tri puta?

(Rješenje: $T_2 = (2/3) \cdot T_1$; $\Delta T = T_2 - T_1 = -T_1/3$)

16. Kolika masa kisika se nalazi u balonu, volumena $V = 50 \text{ L}$, u kojem je tlak $p = 0,2 \text{ MPa}$, a temperatura $t = 27^\circ\text{C}$?

(Rješenje: $m = 128 \text{ g}$)

17. Kolika je masa zraka koji se nalazi u prostoriji dimenzija $4 \times 4 \times 3 \text{ m}^3$, na temperaturi $t = 27^\circ\text{C}$ i tlaku $p = 1013,25 \text{ mbar}$? Molarna masa suhog zraka je $M = 0,029 \text{ kg/mol}$.

(Rješenje: $m = 56,7 \text{ kg}$)

18. Koliki je tlak potrebno ostvariti na temperaturi $t = 0^\circ\text{C}$ u posudi, volumena $V = 5 \text{ L}$, kako bi se u njoj nalazila količina helija čija je masa $m = 10 \text{ g}$? Promatrati kao idealni plin. Molarna masa helija je $M = 8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

(Rješenje: $p = 1,13 \text{ MPa}$)

19. Dva balona su međusobno spojena preko jedne slavine. U prvom balonu volumena $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ nalazi se plin pod tlakom $1,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, a u drugom balonu volumena 10^{-3} m^3 nalazi se isti plin pod tlakom $0,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Koliki će tlak biti u balonima pri otvaranju slavine? Temperatura u balonima je jednaka i ne mijenja se poslije otvaranja slavine.

(Rješenje: $p = 1,125 \cdot 10^5 \text{ Pa}$)

20. U vrhovima kvadrata, stranice $a = 2 \text{ cm}$, nalaze se točkasta tijela s količinom naboja $q = 2 \text{ nC}$. Kolika Coulombova sila djeluje na svako tijelo? Tijela se nalaze u zraku.

(Rješenje: $F = 172 \text{ }\mu\text{N}$)

21. Dva točkasta tijela nabijena količinom naboja $q_1 = 10 \text{ nC}$ i $q_2 = -20 \text{ nC}$ nalaze se na udaljenosti $2d = 0,1 \text{ m}$, u prostoru ispunjenom tvari čija je relativna permitivnost $\epsilon_r = 5$.

- i. Kolika je jakost električnog polja u točki A, koja je jednako udaljena od ovih tijela, a nalazi se na spojnici koja ih spaja?
- ii. Koliki je potencijal električnog polja u točki A?
- iii. Koliku bi potencijalnu energiju imalo tijelo naboja $q_3 = 1 \text{ nC}$ kada bi se našlo u točki A?

(Rješenje: a. $E_A = 27 \text{ kN/C}$; b. $\varphi_A = -900 \text{ V}$; c. $E_p = -0,9 \text{ μJ}$)

22. Dva iznosom jednaka naboja, ali suprotnog predznaka, međusobno su udaljena 20 cm . Koliki su naboji ako je jakost električnog polja u točki na sredini spojnice ova dva naboja $E = 1,8 \cdot 10^3 \text{ Vm}^{-1}$? Kolika bi sila djelovala na proton u toj točki? Elementarna količina električnog naboja je $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

(Rješenje: $F = 2,88 \cdot 10^{-16} \text{ Vm}^{-1}$)

23. Kolika je razlika potencijala između dvije točke električnog polja točkastog naboja $q = 30 \text{ nC}$, koje su na udaljenosti $r_1 = 5 \text{ cm}$ i $r_2 = 3 \text{ cm}$ od njegovog središta? Točke se nalaze u zraku.

(Rješenje: $\Delta\varphi = -3600 \text{ V}$)

24. Elektron uleti brzinom v_0 u homogeno električno polje, krećući se okomito na pravac silnica ovog polja. Napon između ploča je $U = 300 \text{ V}$, a njihova međusobna udaljenost $d = 2 \text{ cm}$. Koliku najmanju brzinu treba imati elektron kako bi izašao iz polja, a da ne udari u ploču?

(Rješenje: $v_0 = 37 \cdot 10^6 \text{ m/s}$)

25. Potencijal električnog polja u točkama A i B iznosi $\varphi_A = 300 \text{ V}$ i $\varphi_B = 1200 \text{ V}$. Koliki rad treba izvršiti da bi se naboj $q = 30 \text{ nC}$ premjestio iz točke A u točku B?

(Rješenje: $W = 27 \text{ μJ}$)

26. Elektron čija je kinetička energija $E_k = 120 \text{ eV}$ ulijeće u homogeno električno polje okomito na pravac polja. To homogeno polje stvaraju dvije paralelne ploče čije su duljine $l = 9 \text{ cm}$, a međusobna udaljenost $d = 1,5 \text{ cm}$. Između ploča vlada napon $U = 10 \text{ V}$. Za koliki kut skrene elektron sa svog pravca pri izlasku iz tog električnog polja?

(Rješenje: $\alpha = 14^\circ 2' 10''$)

27. Dva iznosom jednaka naboja, ali suprotnog predznaka, međusobno su udaljena 20 cm . Koliki su naboji ako je jakost električnog polja u točki na sredini spojnice ova dva naboja $E = 1,8 \cdot 10^3 \text{ Vm}^{-1}$? Kolika bi sila djelovala na proton u toj točki?

(Rješenje: $q_1 = 1 \text{ nC}$, $q_2 = 1 \text{ nC}$, $F = 2,88 \cdot 10^{-16} \text{ N}$)

28. U električnom polju metalne lopte, nabijene količinom naboja $q_1 = 420 \text{ nC}$, nalazi se točkasti naboj $q_2 = 2 \text{ nC}$, koji se pomakne s udaljenosti $r_1 = 0,4 \text{ m}$ na udaljenost $r_2 = 0,5 \text{ m}$ od središta sfere. Koliki rad se izvrši pri ovom pomicanju? Lopta i naboj se nalaze u zraku.

(Rješenje: $W = 3,78 \text{ μJ}$)

29. Kroz vodič poprečnog presjeka $0,5 \text{ mm}^2$ prolazi struja jakosti $0,2 \text{ A}$. Na krajevima vodiča vlada napon od $1,6 \text{ V}$. Treba odrediti masu vodiča. Specifični otpor materijala od kojeg je načinjen vodič je $0,42 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ m}$, gustoća tog materijala je $8,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

(Rješenje: $m = 40,48 \text{ g}$)

30. Elektroni i protoni ubrzaju se istom razlikom potencijala $U = 0,1 \text{ MV}$. Ovako ubrzani, oni ulijeću u homogeno magnetsko polje jakosti $B = 10 \text{ mT}$, i to u smjeru okomitom na smjer magnetskog polja. Odrediti radijus zakrivljenosti putanja elektrona i protona.

(Rješenje: $r_e = 0,106 \text{ m}$; $r_p = 4,56 \text{ m}$)

31. Proton i elektron, ubrzani jednakom razlikom potencijala, ulete u homogeno magnetsko polje, u smjeru okomitom na smjer magnetskog polja. Koliki je odnos polumjera zakrivljenosti njihovih putanja u magnetskom polju?

(Rješenje: $r_p/r_e = \sqrt{m_p/m_e} \approx 43$)

32. Dva ravna beskonačno duga vodiča kroz koje protječu struje jednakih jakosti $I_1 = I_2 = 10 \text{ A}$, križaju se pod pravim kutom. Smjerovi ovih struja označeni su na slici. Kolika je jakost magnetskog polja u točkama A i B koje se nalaze na rastojanju $a = 40 \text{ cm}$ od oba vodiča? Vodiči se nalaze u zraku.

(Rješenje: $B_A = 10^{-5} \text{ T}$; $B_B = 0 \text{ T}$)

