

Fyzikálna olympiáda

54. ročník, 2012/2013

krajské kolo

kategória C

texty úloh

1. Termoska

Na laboratórnom cvičení nemal učiteľ k dispozícii kalorimeter, preto sa rozhodol použiť namiesto neho termosku. Najskôr potreboval určiť jej tepelnú kapacitu. Do termosky nalial studenú vodu s hmotnosťou $m_1 = 140$ g. Začiatočná teplota vody a termosky bola $t_1 = 15$ °C. Potom nalial do termosky horúcu vodu s hmotnosťou $m_2 = 150$ g a teplotou $t_2 = 81$ °C. Vodu v termoske premiešal a počkal, až sa ustáli tepelná rovnováha. Potom odmeral výslednú teplotu vody $t_v = 47$ °C.

a) Určte tepelnú kapacitu C_t termosky.

Pri ďalšom experimentovaní vložil učiteľ do termosky ľadovú triešť s hmotnosťou $m_3 = 500$ g a teplotou $t_3 = -5$ °C. Do ľadu zasunul výhrevnú špirálu s elektrickým odporom $R = 10$ Ω. Špirálu pripojil k zdroju elektrického napätia. Po uplynutí času $\tau = 30$ min zistil, že triešť v termoske sa roztopila a výsledná teplota vody v termoske bola $t_4 = 15$ °C.

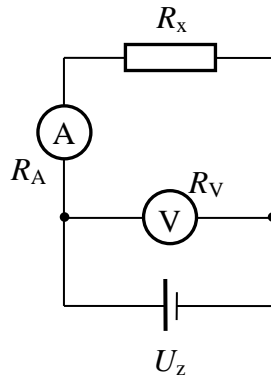
b) Určte elektrické napätie U použitého zdroja.

Merná tepelná kapacita vody $c_1 = 4\,180$ J·kg⁻¹·K⁻¹, merná tepelná kapacita ľadu $c_2 = 2\,100$ J·kg⁻¹·K⁻¹, merné skupenské teplo topenia ľadu $l_t = 334$ kJ·kg⁻¹, teplota topenia ľadu $t_0 = 0,0$ °C. Tepelná kapacita špirály je veľmi malá.

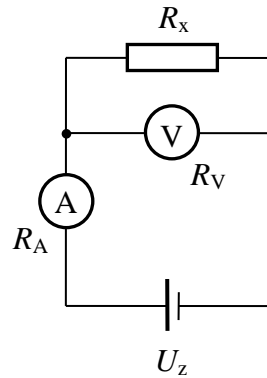
Pozn. Tepelná kapacita C_t kalorimetra (termosky) je podiel tepla ΔQ , ktoré prijme teleso kalorimetra v procese tepelnej výmeny medzi telesami v kalorimetri, až po ustálenú teplotu, a rozdielu Δt konečnej a začiatočnej teploty telesa kalorimetra, $C_t = \Delta Q / \Delta t$.

2. Meranie odporu priamou metódou

Pre meranie odporu R rezistora priamou metódou sa používajú zapojenia zdroja s napätím U_z , voltmetra s vnútorným odporom R_V a ampérmetra s vnútorným odporom R_A podľa schém na obr. C-1 alebo C-2.



Obr. C-1



Obr. C-2

- Pre obidve zapojenia odvodte vzťahy pre výpočet odporu R neznámeho rezistora z hodnôt napätia U_V a prúdu I_A nameraných voltmetrom a ampérmetrom.
- V nasledujúcej tabuľke sú uvedené hodnoty napätia a prúdu namerané pre dva rôzne rezistory s odpormi R_1 a R_2 podľa zapojení na obr. C-1 a obr. C-2. Na meranie sa použil voltmeter s vnútorným odporom $R_V = 20,0 \text{ k}\Omega$. Pri meraní rezistora s odporom R_1 sa použil rozsah ampérmetra 200 mA, pri ktorom je vnútorný odpor ampérmetra $R_A = 1,00 \Omega$, pri meraní rezistora s odporom R_2 rozsah 2 mA s vnútorným odporom $R_A = 100 \Omega$.

Rezistor	Zapojenie obr. C-1					Zapojenie obr. C-2				
	U_V [V]	I_A [mA]	R	R_0	δ_R	U_V [V]	I_A [mA]	R	R_0	δ_R
R_1	12,0	174				11,8	174			
R_2	12,0	0,214				11,9	0,809			

Do tabuľky doplňte hodnoty R_x určené pomocou odvodených vzťahov pre jednotlivé rezistory a zapojenia. Uvedte príčinu prípadných rozdielov získaných hodnôt odporu pre jednotlivé rezistory.

- Pri orientačných meraniach, kedy sa nevyžaduje vysoká presnosť určenia odporu, sa odpor určí podľa jednoduchého vzťahu $R_0 = U_V/I_A$. Odvodte vzťahy relatívnu chybu δ_R , ktorá vzniká náhradou hodnoty R hodnotou R_0 . Hodnoty R_0 a δ_R doplňte do tabuľky. Uvedte, ktoré zo zapojení je vhodné pre určovanie odporu podľa jednoduchého vzťahu. Ktoré zo zapojení použijete na určenie odporu rezistora podľa jednoduchého vzťahu, ak máte k dispozícii multimeter s odporom napät'ového vstupu $R_V = 10 \text{ M}\Omega$?
Pozn.: Vzťah pre určenie relatívnej chyby odporu $\delta_R = (R_0 - R)/R$.

3. Tlak zväzku molekúl

Tlak plynu na stenu nádoby v ktorej sa nachádza sa vysvetľuje odrazom molekúl od steny. Uvažujme ideálny plyn a dokonale pružné zrážky molekúl so stenou. Tlak plynu je daný celkovým impulzom sily molekúl, ktoré dopadnú na jednotkovú plochu povrchu steny za jednotku času. Uvažujme plyn s molárnou hmotnosťou $M_m = 44 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ s látkovým množstvom $n = 2,0 \text{ mol}$ uzatvorený v nádobe tvaru kocky s objemom $V = 10 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

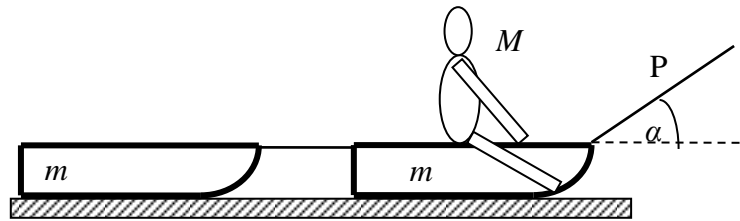
- Určte hmotnosť m molekuly plynu a koncentráciu c molekúl v nádobe.
- Zo štatistickej teórie vyplýva, že priemerná kinetická energia molekuly $E_k = (3/2) k_B T$, kde $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ je Boltzmannova konštanta a T termodynamická teplota. Určte rýchlosť molekuly v vyplývajúcu z tohto vzťahu pre teplotu $T = 300 \text{ K}$.
- Predpokladajte, že molekuly sa pohybujú s rovnakou rýchlosťou v a v náhodných smeroch. Pre zjednodušenie predpokladajte, že $(1/6)$ všetkých molekúl v nádobe sa pohybuje rýchlosťou v kolmo na stenu nádoby. Určte počet N_1 molekúl, ktoré dopadnú na plochu $S_1 = 1,0 \text{ mm}^2$ povrchu steny za čas $\Delta t_1 = 1,0 \text{ } \mu\text{s}$.
- Molekuly dopadajúce kolmo na stenu (podľa časti c)) sa od steny dokonale pružne odrážajú. Určte impulz I_{m0} sily, ktorý udelí každá molekula stene nádoby v dôsledku odrazu a celkový tlak p_0 , ktorým pôsobia na stenu nádoby molekuly odrážajúce sa od steny nádoby. Výsledok porovnajte s hodnotu tlaku, ktorú získate zo stavovej rovnice ideálneho plynu.
- Podľa Pascalovho zákona pôsobí na všetky steny rovnaký tlak. Postupujte rovnako ako v prípade d) s tým rozdielom, že sa jedna stena pohne rýchlosťou $u = 150 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ v smere pohybu kolmo dopadajúcich molekúl. Aká bude v tomto prípade hodnota impulzu sily I_{m1} a akým tlakom p_1 budú na stenu pôsobiť odrážajúce sa molekuly. Aký tlak bude pôsobiť na zvyšné steny nádoby? Z výsledku posúďte, kedy možno pri pohybe piestu považovať tlak plynu na všetky steny za rovnaký.

Avogadrova konštanta $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, plynová konštanta $R_m = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Pozn.: Koncentrácia c molekúl je podiel N/V , kde N je počet molekúl v objeme V .

4. Sánkovačka

Miško ťahá Zuzku spolu so svojimi a jej sánkami, obr. C-3. Hmotnosť Zuzky $M = 40$ kg a každé sánky majú hmotnosť $m = 7,5$ kg.



Obr. C-3

Sánky ťahá rovnomerným pohybom po vodorovnej zasneženej ploche, na ktorej faktor šmykového trenia $f_1 = 0,05$. Povraz P, za ktorý ťahá Miško sánky a Zuzku, zvierá s vodorovným smerom uhol $\alpha = 20^\circ$.

- Prekreslite obrázok C-3 a vyznačte v ňom vektory všetkých síl, ktoré pôsobia na prvé i na druhé sánky. Pôsobiace sily stručne opíšte.
- Určte veľkosť sily F , ktorá napína povraz P v tomto prípade.

V ďalšom úseku cesty musí ťahať sánky cez sneh posypaný pieskom, na ktorom faktor šmykového trenia $f_2 = 0,50$. Miško zistil, že sila ťahu závisí od uhlu α .

- Pre dané hodnoty veličín určte hodnoty sily F na pieskom posypanom úseku pre uhly α rovné celočíselným násobkom hodnoty 10° v rozsahu od 0° až 90° . Výsledky zapíšte do tabuľky a s presnosťou $\pm 5^\circ$ určte uhol α_m , pri ktorom má sila F potrebná na ťahanie sánok so Zuzkou najmenšiu veľkosť F_m . Určte hodnotu F_m .

Tiažové zrýchlenie $g = 9,8$ m/s².