Fyzikálna olympiáda
54. ročník, 2012/2013
krajské kolo
kategória C
texty úloh

1. A termosz

A laboratóriumi a tanító gyakorlaton nem rendelkezett kaloriméterrel, ezért úgy döntött, hogy egy termoszt fog helyette használni. Először meg kellett határoznia a hőkapacitását. A termoszba $m_1 = 140$ g hideg vizet öntött. A víz kezdeti hőmérséklete a termoszban $t_1 = 15$ °C volt. Ezután $m_2 = 150$ g $t_2 = 81$ °C hőmérsékletű forró vizet öntött a termoszba. A vizet a termoszban megkeverte, és megvárta, amíg kiegyenlítődik a hőmérséklet. Megmérte a víz állandósult hőmérsékletét, amely $t_\mathrm{v} = 47$ °C volt.

a) Határozzák meg a termosz C_t hőkapacitását!

A további kísérletezésnél a tanító $t_3 = -5$ °C hőmérsékletű $m_3 = 500$ g tömegű jégdarát tett a termoszba. A jégbe $R = 10\ \Omega$ elektromos ellenállású merülőforralót helyezett, majd áramforráshoz csatlakoztatta. A jég $\tau = 30$ min idő elteltével elolvadt, és a termoszban levő víz végső hőmérséklete $t_4 = 15$ °C volt.

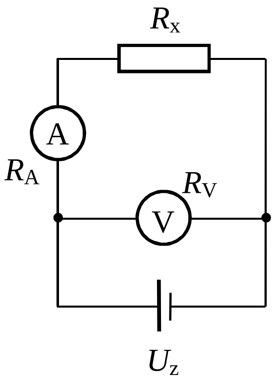
b) Határozzák meg az áramforrás U feszültségét!

A víz fajlagos hőkapacitása $c_1 = 4\,180\ \mathrm{J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}}$, a jégé $c_2 = 2\,100\ \mathrm{J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}}$, a jég fajlagos olvadáshője $l_\mathrm{t} = 334\ \mathrm{kJ \cdot kg^{-1}}$,·a jég olvadáspontja $t_0 = 0{,}0$ °C. A merülőforraló hőkapacitása elhanyagolhatóan kicsi.

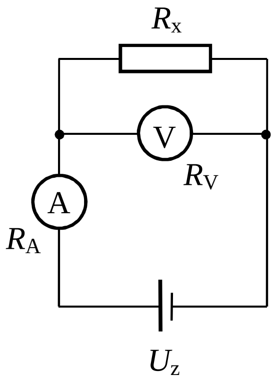
Megjegyzés: A kaloriméter (termosz) hőkapacitása a ΔQ hő és Δt hőmérsékletváltozás $C_\mathrm{t} = \Delta Q/\Delta t$ aránya, ahol ΔQ a kaloriméterben levő testek közötti hőcsere folyamán a kaloriméter által (a hőmérséklet kiegyenlítődéséig) felvett hő, Δt pedig a kaloriméter végső és kezdeti hőmérséklete közötti különbség.

2. Az elektromos ellenállás mérésének közvetlen módszere

Egy rezisztor R elektromos ellenállásának közvetlen mérésekor egy R_z belső ellenállású, U_z feszültségű áramforrást, egy R_V belső ellenállású voltmétert, valamint egy R_A belső ellenállású ampermétert használnak a C–1 ill. a C–2 ábrán látható kapcsolási séma szerint csatlakoztatva.



C–1 ábra



C–2 ábra

a) Vezessék le az összefüggéseket, amelyek segítségével a mért U_V feszültségből és I_A áramerősségből a rezisztor ismeretlen R ellenállása kiszámítható!

b) A következő táblázatban feltüntetett értékek két különböző, R_1 és R_2 ellenállású, rezisztor esetében mért feszültségek és áramerősségek a C–1 és C–2 ábra szerinti kapcsolási séma esetében. A mérésnél $R_V = 20{,}0\ \mathrm{k\Omega}$ belső ellenállású voltmétert használtak. Az R_1 ellenállás mérésekor az ampermérter 200 mA-es tartományát használták, amikor az ampermérter belső ellenállása $R_A = 1{,}00\ \Omega$, az R_2 ellenállás mérésekor pedig a 2 mA-es tartományt használták, amikor az ampermérter belső ellenállása $R_A = 100\ \Omega$.

Rezisztor	C–1 ábra szerinti kapcsolás					C–2 ábra szerinti kapcsolás				
	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			

A táblázatba írják be a levezetett képletekből kiszámított R_x értékeket mindkét rezisztorra és mindkét kapcsolási sémára! Indokolják a kapott értékek közötti esetleges eltérést mindkét rezisztor esetében!

c) Az ellenállás közelítőleges mérésekor, amikor nem helyezünk hangsúlyt az ellenállás nagy pontosságú mérésére, az ellenállást az $R_0 = U_V / I_A$ képletből számítjuk ki. Vezessék le a δ_R relatív eltérés képletét, amely az R ellenállás R_0 értékkel való helyettesítésekor keletkezik! Az R_0 és δ_R értékeket írják a táblázatba! Írják le, melyik kapcsolási séma alkalmas az ellenállás meghatározásához az egyszerű képlet használatakor! Melyik kapcsolási sémát fogják használni az ellenállás egyszerű képlete szerinti kiszámításkor, ha olyan multiméter áll a rendelkezésükre, amely feszültségi bemenetének ellenállása $R_V = 10\ \mathrm{M\Omega}$?

Megjegyzés: Az ellenállás relatív eltérésének képlete $\delta_R = (R_0 - R)/R$.

3. Molekulanyalábok nyomása

A gáz által az edény falára kifejtett nyomást az edény faláról visszapattanó molekulák hatásával magyarázzák. Tételezzük fel, hogy az ideális gáz molekulái tökéletesen rugalmas ütközéssel pattannak vissza az edény faláról! A gáz nyomását a molekulák egységnyi idő alatt egységnyi felületre eső erő impulzusa határozza meg. Legyen egy $V = 10 \times 10^{-3}\ \mathrm{m^3}$ térfogatú kocka alakú edényben $n = 2{,}0\ \mathrm{mol}$ mennyiségű és $M_\mathrm{m} = 44 \times 10^{-3}\ \mathrm{kg \cdot mol^{-1}}$moláris tömegű gáz!

a) Határozzák meg a gáz molekuláinak m tömegét és c koncentrációját az edényben!

b) A gázok kinetikus elméletéből következik, hogy egy molekula átlagos kinetikus energiája $E_\mathrm{k} = (3/2)k_\mathrm{B}T$, ahol $k_\mathrm{B} = 1{,}38 \times 10^{-23}\ \mathrm{J \cdot K^{-1}}$ a Boltzmann állandó, T pedig a gáz termodinamikai hőmérséklete. Határozzák meg egy molekula v sebességét, amely az adott összefüggésből következik, ha $T = 300\ \mathrm{K}$!

c) Tételezzék fel, hogy a molekulák azonos v sebességgel mozognak, és mozgásuk iránya véletlenszerű! Tételezzék fel, az egyszerűség kedvéért, hogy az összes molekula (1/6) része az edény falára merőeleges irányban mozog! Határozzák meg a molekulák N_1 számát, amelyek $\Delta t_1 = 1{,}0\ \mathrm{\mu s}$ alatt ütköznek az edényfal $S_1 = 1{,}0\ \mathrm{mm^2}$ nagyságú felületével!

d) A falra (a *c)* rész szerint) merőlegesen beeső molekulák tökéletesen rugalmasan ütköznek vele, és pattannak vissza róla. Határozzák meg egy molekula I_m0 erő impulzusát, amellyel az edény falára hat, valamint a molekulák által kifejtett p_0 nyomást, amellyel a visszapattanó molekulák hatnak az edény falára. Az eredményt hasonlítsák össze az ideális gázra érvényes állapotegyenletből kapott értékkel!

e) Pascal törvénye alapján az edény minden falára azonos nyomás hat. Számoljanak úgy, mint a *d)* esetben azzal a különbséggel, hogy az edény egyik fala $u = 150\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ sebességgel elmozdul a merőlegesen beeső molekulák mozgásirányában! Mekkora lesz I_m1 erő impulzusa ebben az esetben, és mekkora nyomást fognak az edény falára kifejteni a róla visszapattanó molekulák? Ítéljék meg az eredményből, mikor lehet a dugattyú mozgásakor feltételezni, hogy az edény minden falára ható nyomás azonos nagyságú!

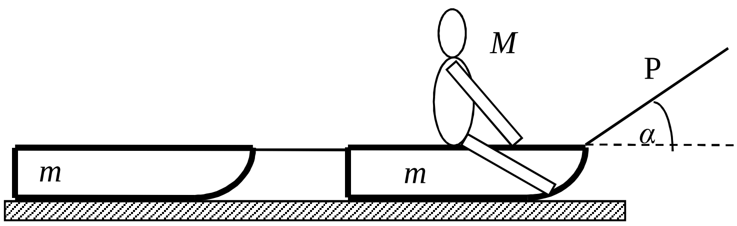
Az Avogadro állandó $N_\mathrm{A} = 6{,}02 \times 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$, a gázállandó $R_\mathrm{m} = 8{,}31\ \mathrm{J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}}$.

Megjegyzés: A molekulák c koncentrációja az N/V *arány, ahol N a V térfogatban található molekulák száma.*

4. Szánkózás

Misi húzza Zsuzsit az ő szánján, valamint a saját szánját is (C–3 ábra). Zsuzsi tömege $M = 40$ kg, és mindegyik szán tömege $m = 7{,}5$ kg.

A szánok egyenletesen mozognak a sík havas terepen, ahol a csúszási ellenállás együtthatója $f_1 = 0{,}05$. A zsinór, amellyel Zsuzsit és a szánját húzza, a vízszintes síkkal $\alpha = 20°$ szöget zár be.



C-3 ábra

a) Rajzolják át a C–3 ábrán látható vázlatot, és jelöljék be az összes erőt, amely az első és a második szánra hatnak. Írják le tömören a feltüntetett erőket!

b) Határozzák meg mekkora nagyságú $\boldsymbol{F}$ erő feszíti a P zsinórt ebben az esetben!

Az út további szakaszán a két szánt homokkal megszórt havon kell húznia, ahol a csúszási ellenállás együtthatója $f_2 = 0{,}50$. Misi rájött, hogy a húzóerő függ az α szögtől.

c) Határozzák meg az $\boldsymbol{F}$ erő nagyságát az adott értékekre a homokkal felszórt szakaszon az α szög azon értékeire a 0° és 90° tartományban, amelyek a 10° egész számú többszörösei! Az eredményeket tüntessék fel táblázatban! Határozzák meg $\pm 5°$-os pontossággal az α_{m} szöget, amelynél a Zsuzsival terhelt szánok húzásához szükséges $\boldsymbol{F}$ húzóerő F_{m} nagysága a legkisebb! Határozzák meg F_{m} értékét!

A nehézségi gyorsulás $g = 9{,}8\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

Fyzikálna olympiáda, 54. ročník – Úlohy krajského kola kategórie C

Autori úloh: (1) Ľubomír Konrád, (2, 3, 4) Ľubomír Mucha

Recenzia: Daniel Kluvanec, Ivo Čáp

Preklad: Aba Teleki

Redakčná úprava: Ivo Čáp

Vydal: Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2013