ОПШТИНСКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ШКОЛСКЕ 2001/2002. ГОДИНЕ

Задаци за II разред

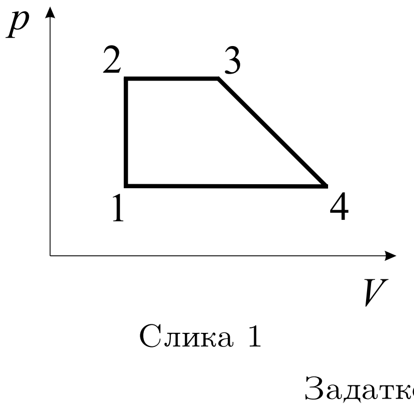
1. На једном крају хоризонтално постављене цеви, испуњене паром брома, полупречника $r = 20\,\mathrm{cm}$ испарава капљица брома, тако да је дуж цеви успостављен константан градијент густине $\mathrm{Br_2}$ паре $\Delta\rho/\Delta x = 4.1\cdot 10^{-3}\,\mathrm{kg\,m^{-4}}$. Кроз попречни пресек цеви, услед дифузије, сваке секунде протекне $\Delta m/\Delta t = 1.2\cdot 10^{-8}\,\mathrm{kg\,s^{-1}}$ брома. Ако је познато да је температура гаса у цеви $t = 20^0\,\mathrm{C}$ и да је маса једног молекула брома $m = 2.66\cdot 10^{-25}\,\mathrm{kg}$, израчунајте коефицијент дифузије D и средњи слободни пут λ молекула у цеви. Сматрати да је средњи слободни пут молекула приближно исти у свим деловима цеви. Болцманова константа износи $k = 1.38\cdot 10^{-23}\,\mathrm{J\,K^{-1}}$. (20 п.)

2. На располагању имамо већу количину воде температуре $t_1 = 20^0\,\mathrm{C}$ и леда температуре $t_2 = -5.0^0\,\mathrm{C}$. Колику запремину воде V_1 и масу леда m_2 треба узети да би се након њиховог мешања у топлотно изолованом суду добило $V = 2.0\,\mathrm{l}$ воде температуре $t = 10^0\,\mathrm{C}$? Густина воде је $\rho = 1000\,\mathrm{kg\,m^{-3}}$, а њен специфични топлотни капацитет износи $c_1 = 4.18\cdot 10^3\,\mathrm{J\,kg^{-1}\,K^{-1}}$. Специфични топлотни капацитет леда износи $c_2 = 2.1\cdot 10^3\,\mathrm{J\,kg^{-1}\,K^{-1}}$, док је количина топлоте потребна да се $1\,\mathrm{kg}$ леда температуре $0^0\,\mathrm{C}$ преведе у $1\,\mathrm{kg}$ воде исте температуре (латентна топлота топљења леда) једнака $\lambda = 3.30\cdot 10^5\,\mathrm{J\,kg^{-1}}$. (20 п.)

3. Отворена посуда са водом је окачена о нит. Висина воде у посуди износи $h = 50\,\mathrm{cm}$. За колико се промени интензитет силе затезања нити, ако се на дну посуде пробуши мали отвор полупречника $r = 5.0\,\mathrm{mm}$, тако да вода истиче вертикално наниже? Густина воде је $\rho = 1000\,\mathrm{kg\,m^{-3}}$, а интензитет убрзања Земљине теже $g = 9.81\,\mathrm{m\,s^{-2}}$. (Млади физичар **44**, 1991/92.) (20 п.)

4. Током изобарског загревања за $\Delta T = 72\,\mathrm{K}$, једном молу идеалног гаса предата је количина топлоте $Q = 1.6\,\mathrm{kJ}$. Израчунајте рад и промену унутрашње енергије гаса у том процесу, као и експонент адијабате $\gamma = C_p/C_V$ за тај гас. Универзална гасна константа износи $R = 8.31\,\mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}$. (20 п.)

5. У циклусу 1-2-3-4-1 приказаном на $p - V$ дијаграму на слици 1 учествује n молова идеалног гаса. Процес 1-2 је изохоран, процеси 2-3 и 4-1 су изобарни, а процес 3-4 је представљен правом на $p - V$ дијаграму. Познато је да тачке 3 и 4 леже на једној изотерми. Ако су температуре гаса у тачкама 1, 2 и 3 редом једнаке $T_1 = T_0$, $T_2 = 2T_0$ и $T_3 = 4T_0$, изразите рад који гас изврши у једном циклусу у функцији од n и T_0. (20 п.)



Слика 1

Задатке припремио: Антун Балаж
Рецензент: др Милан Кнежевић
Председник комисије: др Мићо Митровић

ОПШТИНСКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ШКОЛСКЕ 2001/2002. ГОДИНЕ

Решења задатака за II разред

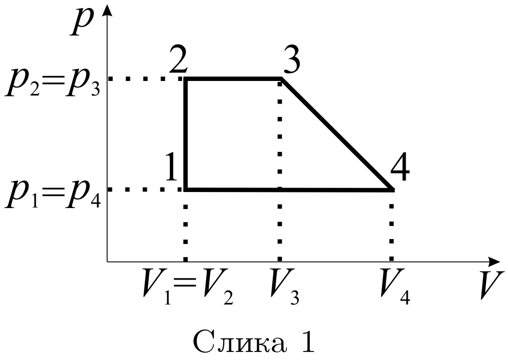
1. Из Фиковог закона дифузије добијамо $\frac{\Delta m}{\Delta t} = D r^2 \pi \frac{\Delta \rho}{\Delta x}$ $\boxed{\text{5 п}}$, одакле је $D = \frac{1}{r^2\pi}\frac{\Delta m/\Delta t}{\Delta\rho/\Delta x}$ $\boxed{\text{1 п}}$, односно $D = 2.3 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{m^2\,s^{-1}}$ $\boxed{\text{1 п}}$. За коефицијент дифузије важи $D = \lambda v_s/3$ $\boxed{\text{5 п}}$, где је v_s средња аритметичка брзина молекула брома, $v_s = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$ $\boxed{\text{2 п}}$, при чему је термодинамичка температура $T = t + 273.15\,\mathrm{K}$. Одавде је $\lambda = 3D/v_s = 3D\sqrt{\frac{\pi m}{8kT}}$ $\boxed{\text{5 п}}$, односно, након замене нумеричких вредности, $\lambda = 3.6 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{m}$ $\boxed{\text{1 п}}$.

2. Ако је потребна маса воде m_1, важи $m_1 c_1 (t_1 - t) = m_2 c_2 (t_0 - t_2) + m_2 \lambda + m_2 c_1 (t - t_0)$ $\boxed{\text{5 п}}$, где је $t_0 = 0^0\mathrm{C}$. Са друге стране, важи и $m_1 + m_2 = \rho V$ $\boxed{\text{5 п}}$, па решавањем овог система добијамо $m_2 = \rho V c_1 (t_1 - t)/[c_2 (t_0 - t_2) + \lambda + c_1 (t - t_0) + c_1 (t_1 - t)]$ $\boxed{\text{5 п}}$, или $m_2 = 0.20\,\mathrm{kg}$ $\boxed{\text{1 п}}$. Сада је $V_1 = m_1/\rho = V - m_2/\rho$ $\boxed{\text{3 п}}$, односно $V_1 = 1.8\,\mathrm{l}$ $\boxed{\text{1 п}}$.

3. Како је површина отвора $S = r^2\pi$ кроз који вода истиче из посуде много мања од површине попречног пресека посуде, можемо сматрати да је интензитет брзине истицања воде приближно константан и да износи $v = \sqrt{2gh}$ $\boxed{\text{5 п}}$. Допунска сила која делује на посуду у супротном смеру од смера истицања воде има интензитет $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t} = v\frac{\Delta m}{\Delta t}$ $\boxed{\text{5 п}}$, где је Δp интензитет импулса воде која истекне за време Δt. Како је $\Delta m = \rho \Delta V = \rho S v \Delta t$ $\boxed{\text{3 п}}$, следи да је $F = \rho S v^2 = 2 \rho g h S = 2 \rho g h r^2 \pi$ $\boxed{\text{5 п}}$, односно $F = 0.77\,\mathrm{N}$ $\boxed{\text{1 п}}$. Дакле, интензитет силе затезања нити се смањи за $0.77\,\mathrm{N}$ $\boxed{\text{1 п}}$.

4. Рад који $n = 1\,\mathrm{mol}$ гаса изврши у изобарском процесу дат је са $A = nR\Delta T$ $\boxed{\text{5 п}}$, односно $A = 0.60\,\mathrm{kJ}$ $\boxed{\text{1 п}}$. На основу I закона термодинамике, промена унутрашње енергије гаса током посматраног процеса је $\Delta U = Q - A$ $\boxed{\text{3 п}}$, одакле је $\Delta U = 1.0\,\mathrm{kJ}$ $\boxed{\text{1 п}}$. Како је процес изобарски, имамо $C_p = \frac{Q}{n\Delta T}$ $\boxed{\text{3 п}}$, док је $C_p - C_V = R \Rightarrow C_V = C_p - R = \frac{Q - nR\Delta T}{n\Delta T}$, односно $C_V = \frac{\Delta U}{n\Delta T}$ $\boxed{\text{3 п}}$. Коначно, $\gamma = C_p/C_V = Q/\Delta U$ $\boxed{\text{3 п}}$, па након замене нумеричких вредности добијамо $\gamma = 1.6$ $\boxed{\text{1 п}}$, што је врло блиско вредности експонента адијабате за једноатомски идеални гас.

5. Ако термодинамичке величине за сваку од тачака означимо као на слици 1, рад који гас изврши у посматраном циклусу једнак је површини трапеза са основицама $V_4 - V_1$ и $V_3 - V_2$ и висином $p_2 - p_1$, односно $A = (p_2 - p_1)(V_4 - V_1 + V_3 - V_2)/2$ $\boxed{\text{5 п}}$. Процес 2-3 је изобарски, па важи $V_2/T_2 = V_3/T_3 \Rightarrow V_3 = V_2 T_3/T_2$ $\boxed{\text{2 п}}$, а како је $V_1 = V_2$ $\boxed{\text{1 п}}$, добијамо $V_3 = V_1 T_3/T_2$. Слично, за процес 4-1 добијамо $V_4/T_4 = V_1/T_1 \Rightarrow V_4 = V_1 T_4/T_1$ $\boxed{\text{2 п}}$. Пошто је $T_4 = T_3$ $\boxed{\text{1 п}}$, имамо $V_4 = V_1 T_3/T_1$. За процес 1-2 важи $p_1/T_1 = p_2/T_2 \Rightarrow p_2 = p_1 T_2/T_1$ $\boxed{\text{2 п}}$, па је сада $A = p_1 V_1 (T_2/T_1 - 1)(T_3/T_1 + T_3/T_2 - 2)/2$ $\boxed{\text{3 п}}$. У тачки 1 важи $p_1 V_1 = n R T_1$ $\boxed{\text{2 п}}$, одакле добијамо $A = n R (T_2 - T_1)(T_3/T_1 + T_3/T_2 - 2)/2$ $\boxed{\text{1 п}}$. За вредности дате у задатку, рад је једнак $A = 2 n R T_0$ $\boxed{\text{1 п}}$.



Слика 1

Задатке припремио: Антун Балаж
Рецензент: др Милан Кнежевић
Председник комисије: др Мићо Митровић