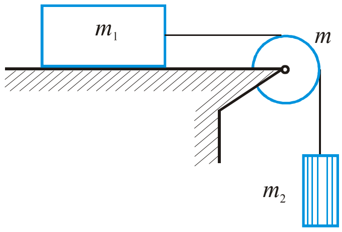
ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

Задаци за општинско такмичење ученика средњих школа
11. фебруар 2007.
II разред

1. У систему приказаном на слици познате су масе тела $m_1 = 400\,\mathrm{g}$ и $m_2 = 200\,\mathrm{g}$, а коефицијент трења између тела m_1 и хоризонталне равни је $k = 0{,}1$. Маса котура је $m = 100\,\mathrm{g}$ и можемо га сматрати хомогеним диском. Нит по котуру не проклизује. У тренутку $t = 0\,\mathrm{s}$ тело масе m_2 почиње да се спушта. Занемарујући масу нити и трење у оси блока, наћи: а) убрзање тела масе m_2; б) рад силе трења, која делује на тело масе m_1, у току првих $t = 10\,\mathrm{s}$ од почетка кретања. Убрзање силе земљине теже је $g = 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}$. (20 п)

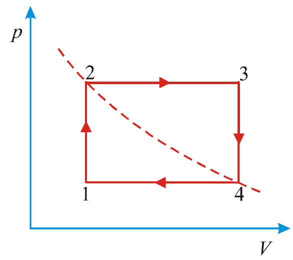


2. Запремина неке масе гаса се, при загревању за $1\ ^\circ\mathrm{C}$ и при непромењеном притиску, повећа за 1/335 део своје првобитне запремине. Израчунајте колика је почетна температура гаса. (15 п)

3. У посуди се налази гас у стању "1" у коме је притисак p_1 а запремина V_1. Гас се рашири до запремине V_2 и притиска p_2. При томе се притисак линеарно смањује са повећањем запремине по закону $p = -aV + b$, ($a, b \neq 0$). Маса гаса је m а моларна маса је M. Нађите општи израз зависности параметара a и b од датих вредности притисака и запремина, као и општи израз за зависност апсолутне температуре T од запремине V у овом случају. Универзална гасна константа је R. (На основу МФ84, 2.2) (20 п)

4. Помоћу компресора се захвата ваздух температуре $T_1 = 300\,\mathrm{K}$, који се налази под атмосферским притиском $p_1 = 10^5\,\mathrm{Pa}$, и адијабатски се сабија до $p_2 = 2\times 10^5\,\mathrm{Pa}$. Количина ваздуха који се убацује износи $\Delta V / \Delta t = 3\,\mathrm{dm^3/s}$. Израчунајте корисну снагу компресора и температуру после сабијања. Коефицијент адијабате је $\gamma = 1{,}4$. (20 п)

5. Кружни циклус, приказан на слици, у коме учествује n молова неког гаса, састоји се из две изохоре и две изобаре. У стању “1” температура гаса износи T_1, а у стању “3” температура гаса износи T_3. Тачке 2 и 4 налазе се на истој изотерми. Показати да је рад који се изврши у овом циклусу једнак $A = nR\left(\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1}\right)^2$, где је R универзална гасна константа. (25 п)

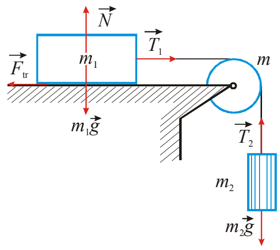


У свим задацима гас (и ваздух) сматрајте идеалним.

Задатке припремила: ***Маја Рабасовић,***
Институт за физику, Београд-Земун
Рецензент: ***др Драган Маркушев,***
Институт за физику, Београд-Земун
Председник Комисије за такмичење: ***др Мићо Митровић,***
Физички факултет, Београд

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

Решења задатака за општинско такмичење ученика средњих школа
11. фебруар 2007.
II разред



Р1. а) Из једначина кретања $m_1 a = T_1 - F_{tr} = T_1 - km_1 g$ **(2п)**, $m_2 a = m_2 g - T_2$ **(2п)** и $I\alpha = (T_2 - T_1)R$ **(2п)**, где је $I = mR^2/2$ **(1п)**, добијамо да је убрзање тела масе m_2 једнако $a = (m_2 - km_1)g/(0{,}5m + m_1 + m_2) = 2{,}4\ \mathrm{m/s^2}$ **(5п)**. б) Рад силе трења, која делује на тело масе m_1, износи $A = -F_{tr}s = -km_1 gs$ **(4п)**, где је $s = at^2/2$ **(1п)** пређени пут тела m_1 за неко време t. Сада можемо лако израчунати рад силе трења $A = -km_1 gs = -km_1 gat^2/2 = -47{,}1\ \mathrm{J}$ **(3п)**.

Р2. У овом случају имамо изобарски процес, па ћемо применити Геј-Лисаков закон: $V_1/V_2 = T_1/T_2$ **(3п)**, где је $T_2 = T_1 + 1\ \mathrm{K}$ **(3п)**, $V_1 = V$ а $V_2 = V + (1/335)V = (336/335)V$ **(4п)**. Сада је $335/336 = T_1/(T_1 + 1)$ **(3п)**, што даје вредност $T_1 = 335\ \mathrm{K}$ **(2п)**.

Р3. Из услова задатка зависност притиска од запремине дата је функцијом $p = -aV + b$, где су a и b константе које се могу одредити из услова задатка. Како дата функција важи и за стање "1" и за стање "2", можемо написати да је $p_1 = -aV_1 + b$ **(2п)** и $p_2 = -aV_2 + b$ **(2п)**. Из последње две једначине добија се $a = (p_1 - p_2)/(V_2 - V_1)$ **(4п)** и $b = (p_1 V_2 - p_2 V_1)/(V_2 - V_1)$ **(4п)**. Множењем израза за притисак са V, добија се једначина стања идеалног гаса $-aV^2 + bV = (m/M)RT$ **(4п)**, што даје $T = -(Ma/mR)V^2 + (Mb/mR)V$ **(4п)**.

Р4. Рад који се изврши на гасу при адијабатском сабијању једнак је: $\Delta A = \Delta U = (5/2)\nu R(T_2 - T_1)$ **(3п)**, или $\Delta A = (5/2)(\Delta m/M)R\Delta T$ **(1п)**, (где је Δm маса ваздуха коју захвати компресор), а снага компресора: $P = \Delta A/\Delta t = (5/2)(\Delta m/(M\Delta t))R\Delta T$ **(4п)**. Ако са ΔV означимо запремину захваћеног ваздуха, из једначине стања идеалног гаса и закона за адијабатске промене следи: $p_1\Delta V = (\Delta m/M)RT_1$ **(3п)** и $p_1^{(\gamma-1)/\gamma}/T_1 = p_2^{(\gamma-1)/\gamma}/T_2$ **(3п)**. Из ових релација се добија $P = (5/2)p_1\left[(p_2/p_1)^{(\gamma-1)/\gamma} - 1\right]\cdot(\Delta V/\Delta t) = 164{,}3\ \mathrm{W}$ **(4п)** и $T_2 = 366\ \mathrm{K}$ **(2п)**.

Р5. Рад је бројно једнак површини 1-2-3-4, па је $A = (p_2 - p_1)(V_4 - V_1)$ **(5п)**. Ако са T обележимо температуру у стању 2 и 4, важи: $p_2/p_1 = p_3/p_4$ **(3п)**, одакле следи да је $T/T_1 = T_3/T$ **(2п)**. Сада је $A = p_1 V_1(p_2/p_1 - 1)(V_4/V_1 - 1) = nRT_1(T/T_1 - 1)(T/T_1 - 1)$ **(3п)**, јер је $V_4/V_1 = (nRT/p_1)/(nRT_1/p_1) = T/T_1$ **(3п)**. Пошто је, на основу претходне анализе, $T = \sqrt{T_1 T_3}$ **(1п)**, онда је $A = nRT_1(T/T_1 - 1)^2 = nRT_1\left(\sqrt{T_3/T_1} - 1\right)^2$ **(3п)**, па је на крају $A = nRT_1\left(T_3/T_1 - 2\sqrt{T_3/T_1} + 1\right) = nR\left(T_3 - 2\sqrt{T_3 T_1} + T_1\right) = nR\left(\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1}\right)^2$ **(5п)**.