

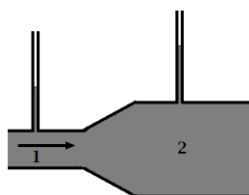


II
РАЗРЕД

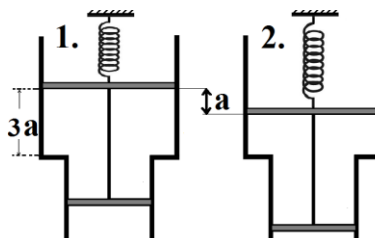
Друштво физичара Србије
Министарство просвете, науке и технолошког развоја
Републике Србије
ЗАДАЦИ

ОКРУЖНИ НИВО
14.03.2015.

1. Марина, првак у бацању грудви, седи на санкама које мирују на савршено глатком леду и у рукама држи грудву масе $m = 1 \text{ kg}$ коју баци брзином $v = 8 \text{ m/s}$ у хоризонталном правцу. Након пређених $l = 70 \text{ m}$ санке се, заједно са Марином, читавом својом површином налазе на снежној површини и до тог тренутка су, при преласку са леда на снег, изгубиле енергију $\Delta E = 1.35 \text{ J}$. Колики рад изврши Марина при бацању грудве и колики пут прелази на санкама до њиховог заустављања? Коефицијент трења између санки и снега је $\mu = 0.02$. Маса санки са Марином је $M = 20 \text{ kg}$. Занемарити трење између санки и леда.
2. Кроз хоризонталну цев променљивог попречног пресека струји вода. Попречни пресеци делова цеви 1 и 2 су, редом, S_1 и S_2 . Проток течности кроз цев је q (сл. 1). Прва вертикална цевчица допуни се уљем густине ρ_u . Колики треба да буде проток воде кроз цев након досипања уља да би висина воде у првој вертикалној цевчици остала иста као пре сипања, а у другој се повећала за Δh ? Висина уља у цевчици је h . Атмосферски притисак и густина воде су, редом, p_{at} и ρ .
3. Два мола идеалног двоатомског гаса налазе се на температури $T_1 = 520.8 \text{ K}$. Гас се од стања 1 до стања 2 изотермски шири и при томе се средња дужина слободног пута молекула повећа 2 пута. Од стања 2 до стања 3 гас се изохорски загрева, све док притисак не буде једнак почетном. У процесу 1-2 гас је примио топлоту $Q_2 = 6 \text{ kJ}$. Колику количину топлоте је гас примио у току читавог процеса и за колико се променила његова унутрашња енергија? (Средња дужина слободног пута молекула обрнуто је пропорционална концентрацији гаса.)
4. Наћи температуру на којој је притисак $n_i = 1 \text{ mol}$ молова идеалног гаса азота за трећину већи од притиска $n_r = 1 \text{ mol}$ реалног гаса азота, ако је запремина суда иста, $V = 11$. Реални гас описан је Ван дер Валсовом једначином, $\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$, где су a и b константе, за азот: $a = 0.137 \text{ Pa} \cdot \text{m}^6/\text{mol}^2$ и $b = 39 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mol}$. За колико треба повећати број молова идеалног гаса да би тражена температура била $T_x = 100 \text{ K}$?
5. У глаткој вертикалној цеви налазе се два клипа спојена крутим лаким штапом дужине $5a$. Горњи клип закачен је за еластичну опругу чији је други крај фиксиран. Површина горњег клипа је S_1 , а доњег S_2 , док је збир њихових маса m . У простору између два клипа налази се n молова идеалног гаса. У стању равнотеже опруга је неистегнута, а горњи клип се налази на висини $3a$ у односу на раван која цев дели на шири и ужи део (положај 1). Гас се затим охлади за ΔT . У новом равнотежном положају (положај 2), систем је спуштен за висину a у односу на почетни равнотежни положај (сл. 2). Одредити коефицијент еластичности опруге. Атмосферски притисак је p_{at} .



Сл. 1



Сл. 2

Сваки задатак носи 20 поена.

Константе: $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, $R = 8.31 \text{ J/mol K}$.

Задатке припремили: Нора Тркља, Физ. факултет, Београд и Петар Бокан, Инст. за физику, Београд

Рецензент: Владимир Чубровић, Физички факултет, Београд

Председник комисије: Проф. др Мићо Митровић, Физички факултет, Београд

Свим такмичарима желимо успешан рад!



II
РАЗРЕД

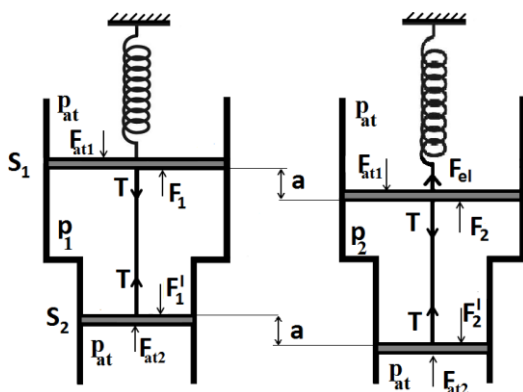
Друштво физичара Србије
Министарство просвете, науке и технолошког развоја ОКРУЖНИ НИВО
Републике Србије
РЕШЕЊА
14.03.2015.

1. При избацивању грудве брзином v , санке са Марином кренуће у супротном смеру брзином u , таквом да је $Mu = mv$ [5п]. Рад који Марина изврши: $A = \frac{mv^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \left(1 + \frac{m}{M}\right) = 33.6 \text{ J}$ [4п+1п]. Рад силе трења од тренутка када је цела површина санки на снегу, до заустављања санки је $A_{\text{тр}} = \frac{Mu^2}{2} - \Delta E = \mu Mgs$ [5п], па је $s = \frac{\frac{mv^2}{2} - 2M\Delta E}{2M^2\mu g}$ [3п]. До заустављања Марина на санкама пређе пут $s_{\text{ук}} = s + l = 76.37 \text{ cm}$ [2п].

2. Пре досипања уља је: $p_1 = p_{\text{ат}} + \rho gh_1$ [2п] и $p_2 = p_{\text{ат}} + \rho gh_2$ [2п], Берн. једначина $p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$ [2п] и једначина континуитета $q = S_1 v_1 = S_2 v_2$ [2п]. Након досипања уља важи: $p'_1 = p_{\text{ат}} + \rho gh_1 + \rho_u gh = p_1 + \rho_u gh$ [2п], $p'_2 = p_{\text{ат}} + \rho gh_2 + \rho g \Delta h = p_2 + \rho g \Delta h$ [2п], Бернулијева једначина $p'_1 + \frac{\rho v_1'^2}{2} = p'_2 + \frac{\rho v_2'^2}{2}$ [2п] и једначина континуитета $q' = S_1 v'_1 = S_2 v'_2$ [2п]. Из претходних једначина добијамо $q' = \sqrt{q^2 + \frac{2gS_1^2 S_2^2}{S_2^2 - S_1^2} (\Delta h - \frac{\rho_u}{\rho} h)}$ [4п].

3. Процес 1-2 је изотермски, па је $T_1 = T_2$. Из услова задатка: $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$ [1п], следи $\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}$ [2п]. $p_1 V_1 = p_2 V_2$ [2п], тј. $p_1 = 2p_2$ [1п]. Укупна количина топлоте предата гасу током процеса је $Q = Q_{12} + Q_{23}$ [1п]. Током процеса 2-3 сва количина топлоте троши се на промену унутрашње енергије гаса ($A = 0$) [1п] па је $Q_{23} = nC_V(T_3 - T_2)$ [3п]. За овај део процеса важи $\frac{p_2}{p_3} = \frac{T_2}{T_3}$ [2п], тј. $T_3 = 2T_1$ [2п]. Добија се $Q_{23} = nC_V T_1 = 5RT_1$ [1п] и $Q = Q_{12} + Q_{23} \approx 27.64 \text{ kJ}$ [1п]. Укупна промена унутрашње енергије је $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = Q_{23} \approx 21.64 \text{ kJ}$ [2п], јер је у процесу 1-2 промена унутрашње енергије нула [1п].

4. Нека је притисак идеалног гаса p_i , а притисак Ван дер Валсовог гаса p_r . Важи: $p_i = \frac{n_i RT}{V}$ [1п]; $p_r = \frac{n_r RT}{V - n_r b} - \frac{n_r^2 a}{V^2}$ [2п]. Из $p_i = \frac{4}{3} p_r$ [1п] добија се да је $T = \frac{n_r^2 a}{RV^2 \left(\frac{n_r}{V - n_r b} - \frac{3n_i}{4V} \right)} = 76.47 \text{ K}$ [5+3п]. Број молова идеалног гаса при коме је тражена температура $T_x = 100 \text{ K}$ је $n_i = \frac{4Vn_r}{3} \left(\frac{1}{V - n_r b} - \frac{n_r a}{RT_x V^2} \right) = 1.168 \text{ mol}$ [4+3п], па је $\Delta n_i = 0.068 \text{ mol}$ [1п].



5. На слици су дати почетни и крајњи положаји клипова. Пре истезања важи: $p_{\text{ат}} S_1 + m_1 g + T = p_1 S_1$, за горњи клип [1п] и $p_1 S_2 + m_2 g = T + p_{\text{ат}} S_2$, за доњи клип [1п], одакле је $p_{\text{ат}} \Delta S + mg = p_1 \Delta S$ [2п], где је $\Delta S = S_1 - S_2$. Након хлађења: $p_{\text{ат}} S_1 + m_1 g + T = ka + p_2 S_1$ [2п] $p_2 S_2 + m_2 g = T + p_{\text{ат}} S_2$ [2п], па је $p_2 = p_1 - \frac{ka}{\Delta S}$ [2п] (1). Једначине стања идеалног гаса за почетни и крајњи положај: $p_1 a(3S_1 + 2S_2) = nRT_1$ [3п] и $p_2 a(2S_1 + 3S_2) = nRT_2$ [3п]. Одузимањем последње две једначине и користећи релацију (1) добија се: $k = \frac{nR\Delta T - mga - p_{\text{ат}}(S_1 - S_2)a}{a^2(2S_1 + 3S_2)} (S_1 - S_2)$ [4п].