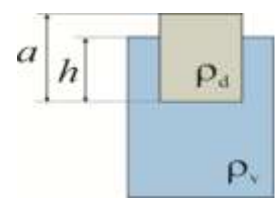
24. РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ (18. март 2017.)

II РАЗРЕД

1. Пумпа за бицикл има цилиндар унутрашњег пречника $2,5\ \mathrm{cm}$ и дужине $50\ \mathrm{cm}$. У пумпу се убацује ваздух температуре $27^0\mathrm{C}$ на нормалном атмосферском притиску $101\,325\ \mathrm{Pa}$. Ваздух се сабија помјерањем клипа пумпе из највишег положаја у доњи положај. Сматрати да је помјерање клипа довољно брзо тако да се може занемарити размјена топлоте између ваздуха и околине. Након сабијања ваздуха манометар на пумпи показује да се његов притисак повећао за $800\ \mathrm{kPa}$. Већина молекула ваздуха је двоатомска, па се за адијабатску константу узеима вриједност 1,4. Моларна маса ваздуха је $29\ \mathrm{g/mol}$, а универзална гасна константа износи $8,314\ \mathrm{J/mol\cdot K}$. Израчунати масу, запремину и температуру сабијеног ваздуха у цилиндру пумпе. Претпоставити да важе закони за идеалне гасове.

2. У цилиндру са покретним клипом налази се гас почетне запремине $3,0\ l$, на температури $17^0\mathrm{C}$ и под притиском $200\ \mathrm{kPa}$. Колики рад изврши гас у цилиндру док се загрија за $300^0\mathrm{C}$, при сталном притиску? Претпоставити да важе закони за идеалне гасове.

3. Дрвена коцка ивице $20\ \mathrm{cm}$ плута на води. Густина дрвета од којег је коцка иноси $800\ \mathrm{kg/m^3}$, а густина воде је $1000\ \mathrm{kg/m^3}$. Одредити а) колики дио коцке је изнад воде, б) колики најмањи рад треба извршити да би се коцка у потпуности потопила у воду. ($g = 9{,}81 m/s^2$)



4. У калориметру се налази $500\ \mathrm{g}$ леда. Почетна температура система (калориметра с ледом) је $-5,0^0\mathrm{C}$. Да би се систем загријао до $5,0^0\mathrm{C}$ потребно је довести $186,29\ \mathrm{kJ}$ топоте. Колики је топлотни капацитет калориметра? Специфични топлотни капацитет леда износи $2,00\cdot 10^3\ \mathrm{J/kg\cdot K}$, латнетна топлота топљења леда је $3,33\cdot 10^5\ \mathrm{J/kg}$, а специфични топлотни капацитет воде износи $4,18\cdot 10^3\ \mathrm{J/kg\cdot K}$.

5. Саонице масе $350\ \mathrm{kg}$ спуштају се сталном брзином $18\ \mathrm{km/h}$ низ падину нагибног угла 25^0 према хоризонталној равни, са искљученим мотором. Одредити најмању снагу мотора да би се саонице кретале уз исту падину истом брзином којом су се спуштале низ падину.

Задатке припремио: Родољуб Баврлић, проф.
Рецензент: проф. др Милан Пантић, ПМФ, Нови Сад

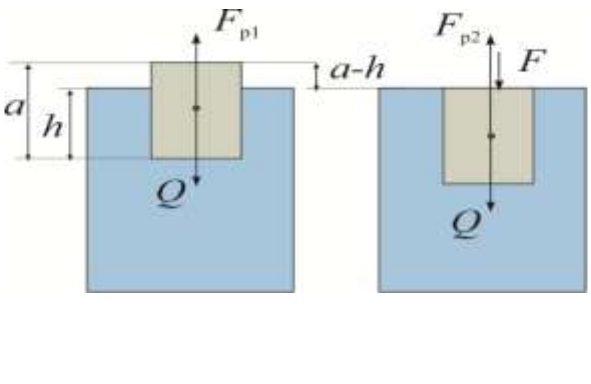
РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА ЗА II РАЗРЕД

1. Дати подаци: $2r = 2,5\ \text{cm}$, $h = 50\ \text{cm}$, $t_1 = 27^0\text{C}$, $p_a = 101\,325\ \text{Pa}$, $\Delta p = 800\ \text{kPa}$, $\gamma = 1,4$, $M = 29\ \text{g/mol}$, $R = 8,314\ \text{J/mol}\cdot\text{K}$. **(а)** Маса ваздуха износи (1) $m = n \cdot M$, а n слиједи из једначине за почетно стање: (2) $p_1V_1 = nRT_1$, $p_1 = p_a$. Почетна запремина ваздуха у цилиндру је (3) $V_1 = r^2\pi h$, $V_1 = 2,45 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^3$. Из (2) и (3) слиједи (4), $n = p_1V_1 / RT_1$, $n = 9,95 \cdot 10^{-3}\ \text{mol}$. На основу релације (1) добија се да је $m = 0,288\ \text{g}$. **(б)** При преласку ваздуха из стања 1 у стање 2 одвија се адијабатски процес за који важи једначина: $p_1V_1^{\gamma} = p_2V_2^{\gamma}$, гдје су $p_1 = p_a$ и $p_2 = p_a + \Delta p$. Слиједи, $p_aV_1^{\gamma} = (p_a + \Delta \text{p})V_2^{\gamma}$, одакле је тражена запремина $V_2 = V_1\,\left(p_a / (p_a + \Delta p)\right)^{1/\gamma}$, $V_2 = 5,14 \cdot 10^{-5}\ \text{m}^3$. **(в)** За адијабатски процес важи и једначина $T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$, одакле је $T_2 = T_1\,\left(V_1 / V_2\right)^{\gamma-1}$, $T_2 = 560\ \text{K}$.

2. Дати подаци: $V_1 = 3,0\ l$, $t_1 = 17^0\text{C}$, $p = 200\ \text{kPa}$, $t_2 = 317^0\text{C}$. При изобарском процесу рад се израчунава по формули (1) $A = p\Delta V$, (2) $A = p(V_2 - V_1)$. Из акона изобарског процеса, (3) $\dfrac{V_2}{T_2} = \dfrac{V_1}{T_1}$, добија се (4) $V_2 = \dfrac{T_2}{T_1}V_1$. Из релација (2) и (4) слиједи $A = p\left(\dfrac{T_2}{T_1} - 1\right)V_1$, $A = 621\ \text{J}$.

3. Дати подаци: $a = 20\ \text{cm}$, $\rho_d = 800\ \text{kg/m}^3$, $\rho_v = 1000\ \text{kg/m}^3$. **(а)** Када коцка плута на води она се налази у стању статичке равнотеже, па је (1) $\vec{Q} + \vec{F}_{p1} = \vec{0}$, одакле је (2) $Q - F_{p1} = 0$. Слиједи, (3) $mg = \rho_v g V_1$, гдје је (4) $m = \rho_d a^3$ и (5) $V_1 = a^2h$ запремина дијела коцке који је у води. Из релација (3), (4) и (5) слиједи (6) $\rho_d a^3 g = \rho_v g a^2 h$, одакле се добија да је коцка у води до висине (7) $h = \dfrac{\rho_d a}{\rho_v}$, $h = 16\ \text{cm}$. Запремине дијела коцке која је изнад воде износи (8) $V_2 = a^2(a-h)$, па је количник дијела запремине изнад воде и укупне запремине: (9) $\dfrac{V_2}{V} = \dfrac{a^2(a-h)}{a^3}$, (10) $\dfrac{V_2}{V} = \dfrac{a-h}{a}$, (11) $V_2 = \dfrac{1}{5}V$. Према томе, пети дио запремине коцке је изнад воде.

(б) Извршени рад је (12) $A = \bar{F}s$, гдје је $s = a - h$ помјерај коцке, па је (13) $A = \bar{F}(a-h)$. Ако се при потапању помјерај коцке повећа за x онда се њена запремина у води повећа за (14) $\Delta V = a^2x$, па се и сила потиска повећа за (15) $\Delta F_{p2} = \rho_v g \Delta V$, $\Delta F_{p2} = \rho_v g a^2 x$. Сила потиска



се повећава пропорционално са x, због чега се и спољашња сила повећава

такође пропорционално са x, па је средња вриједност спољашње силе: (16) $\bar{F} = \left(0 + \rho_v g a^2 (a-h)\right)/2$. Из релација (13) и (16) слиједи да је извршени рад (17) $A = \left(\rho_v g a^2 (a-h)^2\right)/2$, $A = 0{,}314\ \mathrm{J}$.

4. Познати подаци: $m = 500\ \mathrm{g}$, $t_1 = -5{,}0^0\mathrm{C}$, $t_0 = 0^0\mathrm{C}$, $t_2 = 5{,}0^0\mathrm{C}$, $Q = 186{,}29\ \mathrm{kJ}$, $c_l = 2{,}00 \cdot 10^3\ \mathrm{J/kg \cdot K}$, $\lambda = 3{,}33 \cdot 10^5\ \mathrm{J/kg}$, $c_v = 4{,}18 \cdot 10^3\ \mathrm{J/kg \cdot K}$. Укупна количина топлоте коју је потребно довести систему је $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$, гдје су потребне колочине топлота: $Q_1 = C(t_2 - t_1)$ за загријавање калориметра од $t_1 = -5{,}0^0\mathrm{C}$ до $t_2 = 5{,}0^0\mathrm{C}$, $Q_2 = m\mathrm{c}_l(t_1 - t_0)$ за загријавање леда од $t_1 = -5{,}0^0\mathrm{C}$ до $t_0 = 0^0\mathrm{C}$, $Q_3 = m\lambda$ за топљење леда на $t_0 = 0^0\mathrm{C}$ и $Q_4 = m\mathrm{c}_v(t_2 - t_0)$ за загријавање воде добијене из леда од $t_0 = 0^0\mathrm{C}$ до $t_2 = 5{,}0^0\mathrm{C}$. Према томе, потребна укупна количина топлоте износи $Q = C(t_2 - t_1) + mc_l(t_0 - t_2) + \mathrm{m}\lambda + mc_v(t_2 - t_0)$ одакле је топлотни капацитет калориметра $C = \left(Q - m\left(c_l(t_0 - t_2) + \lambda + c_v(t_2 - t_0)\right)\right)/\left(t_2 - t_1\right)$, $C = 434\ \mathrm{J/kg}$.

5. Дати подаци: $m = 350\ \mathrm{kg}$, $v = 18\ \mathrm{km/h}$, $\alpha = 25^0$. Из једначине транслаторног кретања саоница низ падину, (1) $m\vec{a} = \vec{F}_R$, добија се (2) $ma = F_p - F_{tr}$, (3) $ma = mg\sin\alpha - kN$, (4) $ma = mg\sin\alpha - kmg\cos\alpha$. Саонице се крећу низ падину сталном брзином, па је њихово убрзање једнако нули, $a = 0$. Из релације (4) слиједи, $0 = mg\sin\alpha - kmg\cos\alpha$, одакле је (5) $k = tg\alpha$. При кретању саоница уз падину једначина транслаторног кретања има облик (6) $ma = F - F_p - F_{tr}$, (7) $ma = F - mg\sin\alpha - kmg\cos\alpha$, гдје је F вучна сила мотора. Брзина кретања саоница уз падину је такође сталном брзином, па је и у овом случају њихово убрзање једнако нули: (8) $0 = F - mg\sin\alpha - kmg\cos\alpha$, одакле је (9) $F = mg(\sin\alpha + k\cos\alpha)$. Из релација (5) и (8) добија се (10) $F = mg \cdot 2\sin\alpha$. Снага мотора која је потребна за кретање саоница уз падину износи (11) $P = Fv$, (12) $P = 2mgv\sin\alpha$, $P = 14{,}5\ \mathrm{kW}$.