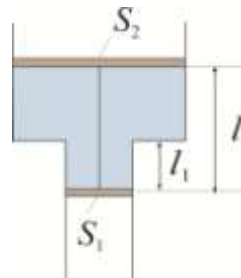


24. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ
УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ (01. април 2017.)

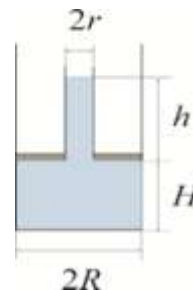
II РАЗРЕД

1. Вертикално постављен цијев, отворена на оба краја, има на ужем дијелу површину попречног пресека 20 cm^2 , а на ширем дијелу 40 cm^2 (слика 1). У цијеви се налазе два клипа, укупне масе 10 kg , који су повезани неистегљивом нити дужине 100 cm и занемарљиве масе, а између њих је $0,2 \text{ mol}$ идеалног гаса на температури 20°C . Атмосферски притисак износи 10^5 Pa , а универзална гасна константа је $8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$. Одредити: (а) дужину ужег дијела цијеви у којој је гас, (б) за колико треба загријати гас, при сталном спољашњем притиску, да би се оба клипа подигла за 10 cm .

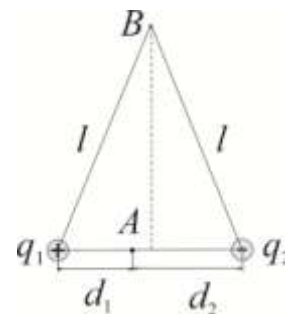


2. Идеални једноатомски гас налази се под притиском $2\cdot 10^5 \text{ Pa}$ и на почетној температури 293 K . У почетном стању гас испуњава запремину 1 l , затим при спорој експанзији и при сталном притиску повећа запремину на $2,5 \text{ l}$. Одредити (а) рад који гас изврши над околином, (б) промјену унутрашње енергије у току експанзије, (в) колику количину топлоте прими гас у току наведеног процеса. Моларни топлотни капацитет гаса при сталној запремини износи $(3/2)R$.

3. Клип масе 3 kg има облик кружног диска пречника 8 cm са кружним отвором у средини пречника 2 cm (Слика 2). У почетном тренутку клип се налази на дну посуде. Када се у отвор постави цијев кроз коју се наспе 700 g воде у посуду, клип се подигне до неке висине H . Одредити до које висине се подигне клип ако при подизању клизи уз зидове суда без трења. Густина воде износи 10^3 kg/m^3 . (На слици је представљено стање након подизања клипа.)



4. Дата су два тачкаста наелектрисања $q_1 = +12 \text{ nC}$ и $q_2 = -12 \text{ nC}$ која се налазе у вакууму, а удаљеност између њих је $d = 10 \text{ cm}$ (слика 3). Одредити јачину електричног поља (а) у тачки A која је удаљена $d_1 = 4 \text{ cm}$ од првог наелектрисања и $d_2 = 6 \text{ cm}$ од другог наелектрисања, (б) у тачки B која је $l = 12 \text{ cm}$ удаљена од првог наелектрисања и исто толико од другог наелектрисања. Електрична константа за вакуум износи $k = 9\cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.



5. Брзи чамац масе 10^3 kg полази из стања мировања и крећући се сталним убрзањем достигне брзину 20 m/s за 5 s , затим 10 s се креће достигнутом брзином. У току кретања јавља се сила отпора воде сталног интензитета $5\cdot 10^2 \text{ N}$. Одредити: (а) колико пута је већа снага коју развија мотор чамца при убрзаном кретању од снаге при кретању сталном брзином, (б) колико бензина потроши мотор, у тому првих 15 s , ако је његова ефикасност 280 g/kWh (потроши 280 g бензина кад изврши рад 1 kWh).

Задатке припремио: Родољуб Баврлић, проф.

Рецензент: проф. др Милан Пантић, ПМФ, Нови Сад

РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА ЗА II РАЗРЕД

1. Познати подаци: $S_1 = 20 \text{ cm}^2$, $S_2 = 40 \text{ cm}^2$, $m = 10 \text{ kg}$, $n = 0,2 \text{ mol}$, $l = 100 \text{ cm}$, $t_1 = 20^\circ\text{C}$, $p_a = 10^5 \text{ Pa}$, $R = 8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$, $h = 10 \text{ cm}$. (a)

Укупна запремина цијеви у којој је гас износи (1) $V_1 = S_1 l_1 + S_2 (l - l_1)$, одакле је (2) $l_1 = (V_1 - S_2 l) / (S_1 - S_2)$. Запремина V_1 се може одредити из једначине за

почетно стање: (3) $p_1 V_1 = nRT_1$, (4) $V_1 = \frac{nRT_1}{p_1}$, а притисак гаса слиједи из

услова равнотеже сила за оба клипа. На доњи клип дјелују његова тежина, $Q_1 = m_1 g$, сила притиска гаса, $F_1 = p_1 S_1$, сила атмосферског притиска, $F_{a1} = p_a S_1$ и сила затезања нити, T . На горњи клип дјелују његова тежина

$Q_2 = m_2 g$, сила атмосферског притиска, $F_{a2} = p_1 S_2$ и сила затезања нити, T . Услови равнотеже за доњи и горњи клип су: (5) $m_1 g + p_1 S_1 - p_a S_1 - T = 0$, а за горњи клип: (6) $m_2 g - p_1 S_2 + p_a S_2 + T = 0$. Из (5) и

(6) добија се (7) $p_1 = p_a + \frac{m g}{S_2 - S_1}$, $p_1 = 1,49 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Замјеном добијене вриједности у релацију (4)

добија се $V_1 = 3,27 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$, а замјеном у релацију (2) добија се $l_1 = 36,5 \text{ cm}$.

(б) Загријавање гаса се одвија при сталном спољашњем притиску, па важи закон за изобарски процес, (8)

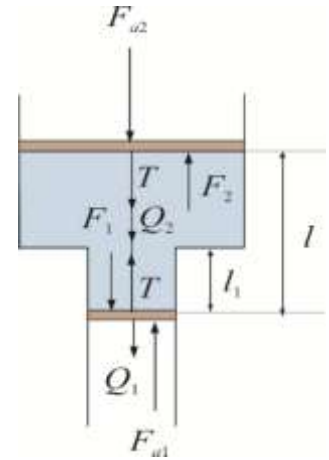
$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. При подизању оба клипа се помјере за исту дужину h што значи да се почетна дужина ужег

дијела цијеви l_1 смањи за h , па је $l'_1 = l_1 - h$, а дужина ширег дијела цијеви постаје $l - l'_1 = l - l_1 + h$.

Слиједи да запремина гаса, када су клипови у крајњем положају, износи (9) $V_2 = S_1 (l_1 - h) + S_2 (l - l_1 + h)$

. Из релација (8) и (9) добија се (10) $T_2 = \frac{S_1 (l_1 - h) + S_2 (l - l_1 + h)}{V_1} \cdot T_1$, $T_2 = 311,08 \text{ K}$. Резлика крајње и

почетне температуре износи $\Delta T_2 = T_2 - T_1$, $\Delta T = 17,9 \text{ K}$, односно $t = 17,9^\circ\text{C}$.



2. Познато: $p = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $T_1 = 293 \text{ K}$, $V_1 = 1 \text{ l}$, $V_2 = 2,5 \text{ l}$, $C_v = \frac{3}{2}R$,

$R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$. (а) Рад гаса при сталном притиску је (1) $A = p\Delta V$, (2) $A = p(V_2 - V_1)$, $A = 3 \cdot 10^2 \text{ J}$. (б) Промјена унутрашње енергије

износи (3) $\Delta U = nC_v\Delta T$, (4) $\Delta U = \frac{3}{2}nR(T_2 - T_1)$. Број молова гаса

добива се из једначине за почетно стање: (5) $pV_1 = nRT_1$, (6) $n = \frac{pV_1}{RT_1}$,

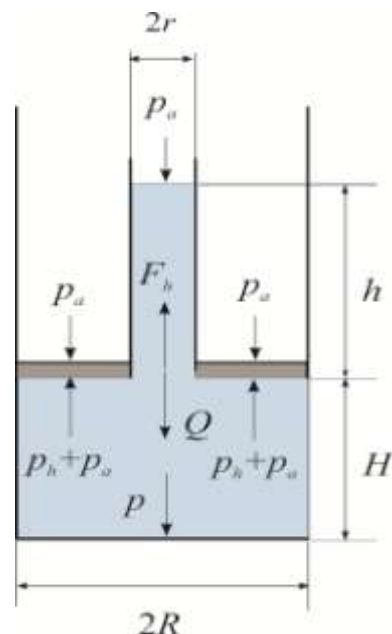
$n = 8,21 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$. Гас се шири при изобарском процесу, па важи (7)

$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1}$, одакле је (8) $T_2 = \frac{V_2}{V_1}T_1$, $T_2 = 733 \text{ K}$. Замјеном бројних

вриједности за број молова и температуру у релацију (4) добија се

$\Delta U = 4,5 \cdot 10^2 \text{ J}$. (в) Из првог закона термодинамике, $Q = \Delta U + A$,

слиједи $Q = 7,5 \cdot 10^2 \text{ J}$.



3. Познати подаци: $m_1 = 3 \text{ kg}$, $2R = 8 \text{ cm}$, $2r = 2 \text{ cm}$, $m_2 = 700 \text{ g}$, $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$. Претпоставимо да се клип подигне до висине H и да је тада висина стуба воде у цијеви h (слика). Притисак на дно суда једнак је збиру атмосферског притиска и притиска који је последица дјеловања тежине клипа и тежине

воде, а износи (1) $p = p_a + \frac{F}{S}$, гдје је (2) $F = m_1g + m_2g$ резултантна сила (збир тежине клипа и тежине

воде) која дјелује нормално на дно и (3) $S = R^2\pi$ површина дна. Слиједи да је притисак (4)

$p = p_a + \frac{(m_1 + m_2)g}{R^2\pi}$. Тај притисак једнак је збиру атмосферског притиска и хидростатичког притиска

стуба воде: $p = p_a + \rho g(H + h)$. Изједначавањем релација (4) и (5) добија се (6)

$\rho g(H + h) = \frac{(m_1 + m_2)g}{R^2\pi}$, одакле слиједи (7) $H = \frac{m_1 + m_2}{\rho R^2\pi} - h$. Висина h може се одредити из услова

равнотеже сила које дјелују на клип. Атмосферски притисак дјелује на горњу површину диска, а његово дјеловање се преноси проз воду и на доњу површину, тако да се његово дјеловање поништава. Дјеловање

хидростатичког притиска стуба течности висине h преноси се на доњу површину клипа, па је векторски збир силе тог притиска и тежине клипа једнак нули: $\vec{F}_h + \vec{Q} = \vec{0}$, односно $p_h S_k - m_1 g = 0$, гдје је

$S_k = (R^2 - r^2)\pi$ површина клипа, па слиједи (8) $\rho gh(R^2 - r^2)\pi - m_1 g = 0$, одакле је (9)

$h = \frac{m_1}{\rho(R^2 - r^2)\pi}$, $h = 64 \text{ cm}$. Замјеном ове вриједности у релацију (7) добија се $H = 9,6 \text{ cm}$.

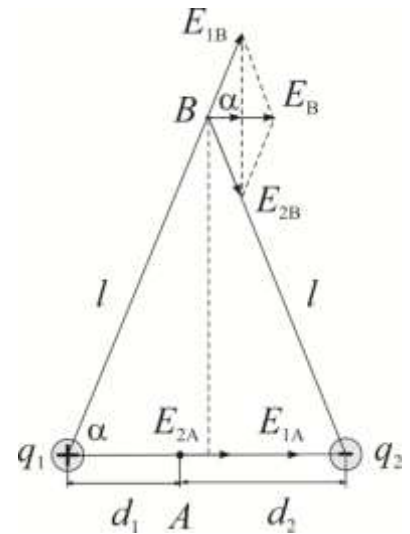
4. Познати подаци: $q_1 = +12 \text{ nC}$, $q_2 = -12 \text{ nC}$, $d = 10 \text{ cm}$, $d_1 = 4 \text{ cm}$, $d_2 = 6 \text{ cm}$, $l = 12 \text{ cm}$, $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$. (а) На основу принципа суперпозиције јачина електричног поља у тачки A износи (1) $\vec{E}_A = \vec{E}_{1,A} + \vec{E}_{2,A}$, односно $E_A = E_{1,A} + E_{2,A}$, одакле слиједи (2)

$$E_A = k \left(\frac{q_1}{d_1^2} + \frac{|q_2|}{d_2^2} \right), \quad E_A = 9,8 \cdot 10^4 \text{ N/C} .$$

(б) На основу принципа суперпозиције јачина електричног поља у тачки B износи $\vec{E}_B = \vec{E}_{1,B} + \vec{E}_{2,B}$. Када се вектори $\vec{E}_{1,B}$ и $\vec{E}_{2,B}$ разложе у компоненте на хоризонталном и вертикалном правцу, онда је очигледно да се вертикалне компонент поништавају, па је у тачки B интензитет резултантног поља једнак збиру хоризонталних компоненти: (3)

$$E_B = E_{1,h} + E_{2,h}, \quad \text{односно (4) } E_B = E_{1,B} \cos \alpha + E_{2,B} \cos \alpha .$$

Пошто је $E_{1,B} = E_{2,B}$, слиједи $E_B = 2E_{1,B} \cos \alpha$, односно $E_B = 2k \frac{q_1}{l^2} \cdot \frac{d/2}{l}$, $E_B = k \frac{q_1 d}{l^3}$, $E_B = 6,3 \cdot 10^3 \text{ N/C}$.



5. Познати подаци: $m = 10^3 \text{ kg}$, $v = 20 \text{ m/s}$, $t_1 = 5 \text{ s}$, $t_2 = 10 \text{ s}$, $F_{\text{отп}} = 5 \cdot 10^2 \text{ N}$, $e = 280 \text{ g/kWh}$. (а)

Снага мотора је (1) $P = \frac{A}{t}$, гдје је A рад који изврши мотор. При убрзаном кретању мотор улаже рад на

повећање кинетичке енергије и на савлађивању силе отпора воде: (2) $A_1 = \frac{mv^2}{2} + F_{\text{отп}} \cdot s_1$, гдје је $s_1 = v_3 t$,

(4) $s_1 = \frac{vt}{2}$. Из релација (2) и (4) добија се (5) $A_1 = \frac{mv^2}{2} + \frac{F_{\text{отп}} vt}{2}$, $A_1 = 225 \text{ kJ}$. Према релацији (1) мотор развија снагу $P_1 = 45 \text{ kW}$.

При кретању сталном брзином мотор улаже рад само на савлађивању силе

отпора воде: $A_2 = F_{\text{отп}} \cdot s_2$, $A_2 = F_{\text{отп}} \cdot vt_2$, $A_2 = 100 \text{ kJ}$. Према релацији (1) мотор развија снагу

$P_2 = 10 \text{ kW}$. Количник снага износи $P_1 / P_2 = 4,5$, а то значи да мотор при убрзаном кретању развија 4,5

већу снагу него при кретању сталном брзином. (б) Укупан рад који изврши мотор је $A = A_1 + A_2$,

$A = 325 \text{ kJ}$ што износи $A = \frac{325 \cdot 10^3}{3,6 \cdot 10^6} \text{ kWh}$, $A = 0,09 \text{ kWh}$. Маса бензина коју потроши мотор износи

$$m_b = A \cdot e, \quad m_b = 0,09 \text{ kWh} \cdot \frac{280 \text{ g}}{\text{kWh}}, \quad m_b = 25,2 \text{ g} .$$