



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2013/2014. ГОДИНЕ.

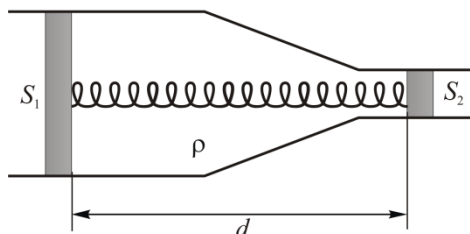


II РАЗРЕД

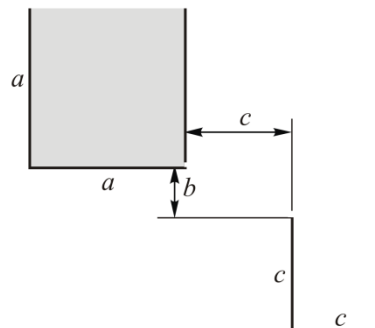
Друштво физичара Србије
Министарство просвете, науке и технолошког
развоја Републике Србије
ЗАДАЦИ

ОКРУЖНИ НИВО
08.03.2014.

1. Хомогени диск масе $M = 2 \text{ kg}$ и полупречника $R = 50 \text{ cm}$ ротира око фиксне осе која пролази кроз центре основица. Период ротације је $T_1 = 1 \text{ s}$. На обод диска почне да делује сила интензитета $F = 5 \text{ N}$, чији је правац тангенцијалан на обод диска, а смер је супротан смеру ротације. Одредити време деловања ове силе, ако по престанку њеног деловања диск ротира у истом смеру као на почетку са периодом $T_2 = 5 \text{ s}$. Занемарити деловање осталих сила. Момент инерције хомогеног диска масе M и полупречника R у односу на наведену осу је $I = \frac{1}{2}MR^2$. (20 поена)
2. Разматрајмо повратни процес А-В-С-D-А који се врши на једноатомском гасу. Процес се састоји од две изобаре (А-В и С-D) на притисцима p_1 и p_2 ($p_1 > p_2$) и две адијабате које их повезују (В-С и D-A). Представите овај процес $p - V$ дијаграмом и одредите које од тачака А, В, С, D одговарају највишој и најнижој температури током процеса T_{max} и T_{min} . Изразите коефицијент корисног дејства овог процеса преко p_1 , p_2 , T_{max} и T_{min} . (20 поена)
3. Двоатомски идеални гас има притисак p и запремину V . Над овим гасом се изврши процес који се на $p - V$ дијаграму може приказати помоћу праве линије, тако да на крају гас има двоструко већи притисак и заузима двоструко већу запремину. Одредите количину топлоте коју гас прими током овог процеса. (20 поена)
4. Довољно дугачка цев, променљивог попречног пресека затворена је помоћу два клипа занемарљивих маса и који унутар цеви могу да се крећу без трења. Површине клипова су $S_1 = 20 \text{ cm}^2$ и $S_2 = 4 \text{ cm}^2$ (слика 1), а између њих се налази вода густине $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Клипови су међусобно повезани опругом константе еластичности k . Са друге стране клипова је ваздух на атмосферском притиску $p_0 = 101.3 \text{ kPa}$. У хоризонталном положају опруга је неистегнута и има дужину d . Колика мора бити минимална вредност константе еластичности да се већи клип не помери за више од $\frac{d}{3}$ када се цев постави вертикално тако да је S_2 испод S_1 ? (20 поена)
5. Велики суд, отворен с горње стране, има облик коцке чија је ивица дужине $a = 1 \text{ m}$. Суд је напуњен водом до врха, као на слици 2. Одредити запремину воде у малој посуди облика коцке чија је дужина ивице $c = 0.8 \text{ m}$ након што се велика посуда испразни кроз мали бочни отвор на дну великог суда. Претпоставите да је отвор много мањи од димензија суда и да је мања посуда на почетку празна. Такође претпоставите да раван у којој лежи млаз сече насупрамне вертикалне стране мале коцке по средини. Висинска разлика између врха мањег и дна већег суда износи $b = 2 \text{ m}$, а растојање равни суседних вертикалних страница судова износи $c = 0.8 \text{ m}$. (20 поена)



Слика 1



Слика 2

Задатке припремио: Александар Васиљковић, Универзитет у Кембриџу

Рецензент: др Ненад Сакан, Институт за физику, Београд

Председник Комисије за такмичење ДФС: Проф. др Мићо Митровић, Физички факултет, Београд



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2013/2014. ГОДИНЕ.**



Друштво физичара Србије
Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА

II РАЗРЕД **ОКРУЖНИ НИВО**
08.03.2014.

1. Момент инерције је $I = \frac{1}{2}MR^2$, почетна угаона брзина је $\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$ (2 п), крајња угаона брзина је $\omega_2 = \frac{2\pi}{T_2}$ (2 п)

момент силе је $M = FR$, (2 п) угаоно убрзање је $\alpha = \frac{M}{I} = \frac{2F}{MR}$ (6 п), па је време успоравања, односно време током

ког сила делује $t = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\alpha} = \frac{\pi MR (T_2 - T_1)}{FT_1 T_2} \approx 0.5 \text{ s}$. (7+1 п)

2. На слици 1 дат је $p - V$ дијаграм. У току процеса А-В, гас прими количину топлоте $Q_1 = \frac{5}{2}nR(T_B - T_A)$ (3 поена), у

току процеса С-Д, гас отпусти количину топлоте $Q_2 = \frac{5}{2}nR(T_C - T_D)$. (3 поена) У току адијабатских процеса, гас не

прима и не отпушта топлоту. За адијабатски процес важи $p^{1-\gamma}T^\gamma = \text{const}$, па је $\frac{T_B}{T_C} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{2}{5}}$ и $\frac{T_A}{T_D} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{2}{5}}$ (4 поена)

Из овога, или из чињенице да је адијабата стрмија од изотерме видимо да је $T_B > T_C$ и $T_A > T_D$, а пошто је $T_B > T_A$ и $T_A > T_D$, онда је највећа температура у тачки В, а најнижа у тачки Д. (2 поена) Количине топлоте су

$Q_1 = \frac{5}{2}nR(T_{\max} - T_{\min} \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{2}{5}})$ (2 поена) и $Q_2 = \frac{5}{2}nR(T_{\min} \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{5}} - T_{\min})$, (2 поена) а рад који се изврши је $A = Q_1 - Q_2$.

Коефицијент корисног дејства је $\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_{\max} \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{5}} - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min} \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{2}{5}}}$. (4 поена). Напомена: признавати и одговоре

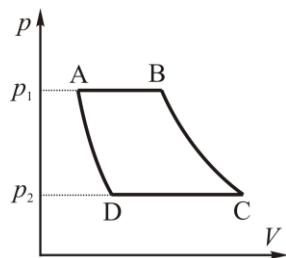
у којима се уместо T_{\min} и T_{\max} користе T_D и T_B .

3. На основу првог закона термодинамике $Q = A + \Delta U$ (3 поена) промена унутрашње енергије зависи само од почетне и крајње тачке процеса, али не и од начина на који се дошло из почетне у крајњу тачку. Гасни закон у почетној и крајњој тачки процеса гласи $pV = nRT_1$ (2 поена) и $2p \cdot 2V = nRT_2$ (2 поена), а промена унутрашње

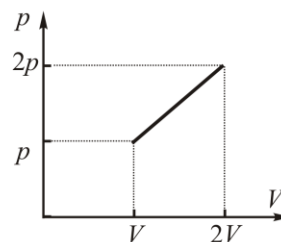
енергије двоатомског гаса је $\Delta U = \frac{5}{2}nR(T_2 - T_1) = \frac{5}{2} \cdot 3pV = \frac{15}{2}pV$ (5 поена). Рад је површина испод $p - V$ дијаграма,

што је у овом случају траpez чије су основе дужина p и $2p$, а висина V (слика 2). Извршени рад је

$A = \frac{p + 2p}{2}V = \frac{3}{2}pV$ (5 поена). Ослобођена топлота је $Q = 9pV$ (3 поен).



Слика 1



Слика 2



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2013/2014. ГОДИНЕ.



4. Да би клипови и након ротације били у равнотежи важи: $k\Delta x + p_0 S_1 = p_1 S_1$ где је p_1 притисак непосредно испод клипа S_1 и $k\Delta x + p_0 S_2 = p_2 S_2$, где је p_2 притисак непосредно изнад клипа S_2 . (3+3 поена). Разлика притисака једнака је хидростатичком притиску $p_2 - p_1 = \rho g(d + \Delta x)$ (3 поена). Ако се први клип помери за x_1 а други клип за x_2 онда је $\Delta x = x_2 - x_1$. (1 поен) Из једначине континуитета следи $S_1 x_1 = S_2 x_2$ (2 поена). Из претходних једначина добијамо $k(S_1 - S_2)^2 x_1 = S_2^2 S_1 \rho g d + S_1 S_2 (S_1 - S_2) x_1 \rho g$ (5 поена). Заменом $x_1 = d/3$ добијамо

$$k = \frac{(2S_2 + S_1)S_1 S_2}{(S_1 - S_2)^2} \rho g \quad (2 \text{ поена}), \text{ односно } k = 8.58 \text{ N/m} \quad (1 \text{ поен}).$$

5. По Торичелијевој теореме, вода истиче брзином $v = \sqrt{2gh}$ (3 поена). Најмању и највећу брзину при којима вода пада у мању коцку добијамо из једначина кретања хоризонталног хица: $b = \frac{gt^2}{2}$ (1 поена) и $d = vt$ (1 поена). Одавде

је $t = \sqrt{\frac{2b}{g}}$ (1 поена) и $d = 2\sqrt{bh}$ (1 поена). Вода пада у мањи суд за $c \leq d \leq 2c$ (по 2 поена за обе неједнакости,

укупно 4 поена), односно $\frac{c^2}{4b} \leq h \leq \frac{c^2}{b}$ (по 2 поена за обе неједнакости, укупно 4 поена). Запремина воде у малој

коцки ће бити $V = a^2 \left(\frac{c^2}{b} - \frac{c^2}{4b} \right) = \left(\frac{3a^2 c^2}{4b} \right)$ (4 поена) односно $V = 0.24 \text{ m}^3$ (1 поен).