

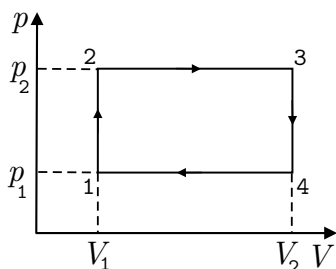
**МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ,
ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ И
ФИЗИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

**Општинско такмичење из физике за ученике средњих школа
школске 2000/2001. год.
II разред**

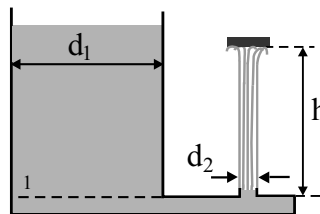
- Одредити коефицијент корисног дејства топлотне машине чије је радно тело идеални двоатомски гас ($C_V = \frac{5}{2}R$) и која ради по циклусу са слике 1. Познато је да је однос максималног и минималног притиска у процесу $a = 2$ и да тачке 2 и 4 леже на адијабати. (20 п.)
- На слици 2 је приказана упрошћена конструкција фонтане. Пречник цистерне из које се доводи вода у цев фонтане је $d_1 = 2m$, а пречник излазног отвора фонтане $d_2 = 1cm$. Вода из фонтане излази брзином $v = 5m/s$. Одредити за колико се разликују притисак на дну цеви фонтане (пресек 1 на слици) и атмосферски притисак. На коју висину h , у односу на почетак млаза (видети слику), треба поставити диск масе $m = 50g$ да би он мировао на млазу воде, ако је пречник диска већи од $1cm$? Контракцију млаза занемарити и сматрати да брзина воде непосредно после судара са површином диска има само хоризонталну компоненту. Воду сматрати невискозном и нестишљивом течност. (20 п.)
- Два топлотно изолована балона везана су цевчицом са вентилом. У првом балону, запремине $V_1 = 100dm^3$, налази се $m_1 = 1.4kg$ азота под притиском $p_1 = 1.5 \times 10^6 Pa$. У другом балону, запремине $V_2 = 250dm^3$, налази се $m_2 = 1.2kg$ аргона под притиском $p_2 = 5 \times 10^5 Pa$. Колики ће бити притисак и температура у балонима када се вентил отвори? Моларне специфичне топлоте су $C_{V_1} = \frac{5}{2}R$ и $C_{V_2} = \frac{3}{2}R$, а моларне масе $M_1 = 28g/mol$ и $M_2 = 40g/mol$, за азот и аргон, респективно. Задатак преузет из часописа "Млади физичар" бр. 46; грешке мерења масе и притиска су занемарљиве. (20 п.)
- У суду се налази $n = 2$ мола идеалног двоатомског гаса. Гас се прво изобарски шири, при чему се изврши рад $A = 3kJ$, а затим се изохорски хлади, при чему се унутрашња енергија смањи за $\Delta U = 2kJ$. Однос средње дужине слободног пута молекула гаса на почетку и на крају процеса је $b = 0.5$. Одредити температуру на почетку и на крају процеса. Колики треба да буде однос дужина средњих слободних путева па да почетна и крајња тачка процеса леже на изотерми? (20 п.)
- Суд попречног пресека $S_1 = 10dm^2$ испуњен је водом до висине $H = 1m$ и затворен слободним клипом масе $M = 5kg$. Суд се налази на покретној хоризонталној подлози. На бочном зиду суда, на висини $h = 20cm$ од дна суда, налази се хоризонтална цевчица попречног пресека $S_2 = 1cm^2$ кроз коју може да истиче вода. Одредити брзине истацања воде кроз ову цевчицу када подлога мирује и када се креће убрзањем $a = 2m/s^2$ вертикално навише. Какав је однос домета млаза воде у ова два случаја? Воду сматрати невискозном и нестишљивом течност. (20 п.)

$$R = 8.314J/Kmol, g = 9.81m/s^2, 0^\circ C = 273.15K, \rho_{H_2O} = 1000kg/m^3$$

Напомена: Грешке величина чије су вредности дате као цели бројеви су занемарљиве.



Слика 1



Слика 2

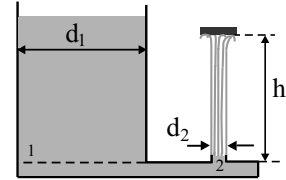
Задатке припремила: Марија Лимитријевић
Рецензент: мр Борђе Спасојевић
Председник комисије: др Мићо Митровић

**Решења задатака за општинско такмичење из физике ученика средњих школа
школске 2000/2001. год.**

II разред

1. Коефицијент корисног дејства је $\eta = \frac{A}{Q}$, где је A рад који гас изврши, а Q количина топлоте коју гас прими у току једног циклуса. Извршени рад је $A = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) = p_1 V_1 (a - 1)(a^{\frac{1}{\gamma}} - 1)$. (5 п.) Гас прима топлоту у 1-2 и 2-3 деловима циклуса $Q_{12} = \Delta u_{12} = n C_v (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} p_1 V_1 (a - 1)$, $Q_{23} = A_{23} + \Delta u_{23} = \frac{7}{2} a p_1 V_1 (a^{\frac{1}{\gamma}} - 1)$. (5+5 п.) Заменом ових резултата у израз за коефицијент корисног дејства добија се најзад $\eta = \frac{2(a-1)(a^{\frac{1}{\gamma}}-1)}{7a(a^{\frac{1}{\gamma}}-1)+5(a-1)} = 0.0917$. (5 п.)

2. Бернулијева једначина примењена на пресеке 1 и 2, који су на истој висини, гласи $\rho \frac{v_1^2}{2} + p_1 = \rho \frac{v_2^2}{2} + p_a$. Како је $S_1 \gg S_2$, то се брзина v_1 може занемарити у односу на брзину v_2 , па се за разлику притисака добија $p_1 - p_a = \rho \frac{v_2^2}{2} = 12.5 kPa$. (8 п.) Да би диск мировао на некој висини h треба да буде испуњено $mg = \frac{\Delta p}{\Delta t}$, где је Δp промена импулса воде која за Δt удари о површину диска. (3 п.)



Пошто брзина воде после судара са површином диска има само хоризонталну компоненту, то је $\Delta p = \Delta m \bar{v} = \pi \rho \frac{d_2^2}{4} \bar{v}^2 \Delta t$ (3 п.), где је $\bar{v}^2 = v^2 - 2gh$ (3 п.). Из $mg = \pi \rho \frac{d_2^2}{4} (v^2 - 2gh)$, добија се $h = \frac{1}{2g} (v^2 - \frac{4mg}{\pi \rho d_2^2}) = 0.96m$. (3 п.)

3. Пошто нема размене топлоте са околином и систем као целина не врши рад, то унутрашња енергија целог система остаје константна $\Delta U = n_1 C_{V1} (T - T_1) + n_2 C_{V2} (T - T_2) = 0$, где је T успостављена температура по отварању вентила. (5 п.) Температуре T_1 и T_2 се могу добити из једначине стања за идеални гас $T_1 = \frac{p_1 V_1}{n_1 R} = 360.84K$ и $T_2 = \frac{p_2 V_2}{n_2 R} = 501.16K$. (2+2 п.) Замењујући ове резултате у једначину за унутрашњу енергију добија се за температуру $T = \frac{n_1 C_{V1} T_1 + n_2 C_{V2} T_2}{n_1 C_{V1} + n_2 C_{V2}} = 397.98K$. (3 п.)

Притисак се налази из једначине стања за смешу $p(V_1 + V_2) = (n_1 + n_2)RT = 7.563 \times 10^5 Pa$. (8 п.)

4. Извршени рад при изобарском ширењу је $A = p_1(V_2 - V_1) = p_1 V_1 (\frac{V_2}{V_1} - 1)$. Однос $\frac{V_2}{V_1}$ се може наћи из услова $\frac{\lambda_1}{\lambda_3} = b = \frac{V_1}{V_3} = \frac{V_1}{V_2}$ (3 п.), што заменом у израз за рад даје $A = \frac{1-b}{b} p_1 V_1$. Из једначине стања идеалног гаса добија се температура на почетку процеса $T_1 = \frac{p_1 V_1}{nR} = \frac{bA}{(1-b)nR} = 180.42K$. (5 п.)

Промена унутрашње енергије при изохорском хлађењу је $\Delta U = -nC_V(T_3 - T_2)$, где је $T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1 = \frac{T_1}{b}$ (2 п.). Одавде се за температуру на крају процеса добија $T_3 = T_2 - \frac{\Delta U}{nC_V} = 312.73K$. (5 п.)

Да би почетна и крајња тачка лежале на изотерми температуре T_1 и T_3 морају да буду једнаке. Овај услов даје вредност $b = \frac{T_1}{T_1 + \frac{\Delta U}{nC_V}} = 0.2666$. (5 п.)

5. Применом Бернулијеве једначине на пресеке 1 (непосредно испод клипа) и 2 (на крају цевчице), када подлога мирује, добија се $\rho \frac{v_1^2}{2} + \rho g H + p_a + \frac{Mg}{S_1} = \rho \frac{v_2^2}{2} + \rho g h + p_a$. (4 п.) Користећи једначину континуитета и чињеницу да је $S_1 \gg S_2$, види се да се v_1 може занемарити у односу на v_2 , па се за брзину истицања воде добија $v_2 = \sqrt{2g(H - h + \frac{M}{\rho S_1})} = 4.084m/s$. (3 п.)

Ако се подлога креће убрзањем a вертикално навише, Бернулијева једначина, примењена на исте пресеке као и у претходном случају, гласи $\rho \frac{\tilde{v}_1^2}{2} + \rho g' H + p_a + \frac{Mg'}{S_1} = \rho \frac{\tilde{v}_2^2}{2} + \rho g' h + p_a$, где је $g' = g + a$ кориговано убрзање земљине теже, због кретања суда у неинерцијалном референтном систему (7 п.), па је брзина истицања воде у овом случају $\tilde{v}_2 = \sqrt{2(g+a)(H - h + \frac{M}{\rho S_1})} = 4.481m/s$. (2 п.)

Домети млаза воде су $d = \tilde{d} = 2\sqrt{h(H - h + \frac{M}{\rho S_1})}$. Види се да су домети једнаки, као што је и очекивано. (4 п.)