

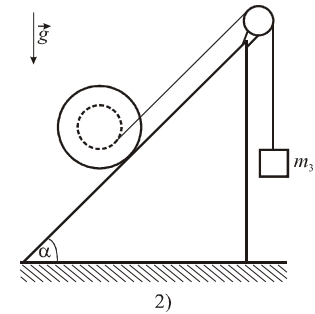
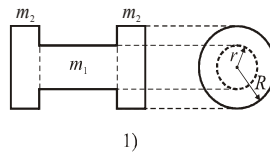


II РАЗРЕД

Друштво Физичара Србије
Министарство Просвете Републике Србије
ЗАДАЦИ

ОКРУЖНИ НИВО
07.03.2009.

1. Калем за конач се састоји из пуног хомогеног ваљка полупречника r и масе m_1 за чије крајеве су причвршћена два пуна хомогена ваљка истог полупречника R ($R = 2r$), сваки масе m_2 ($m_2 = m_1/2$) (види слику 1). Калем је постављен на непокретну стрму раван и на њега је намотана нерастегљива нит занемарљиве масе за чији је други крај обешено тело масе m_3 ($m_3 = m_1$) (види слику 2). Нит је пребачена преко лаког котура занемарљивих димензија. а) Израчунајте убрзање тела m_3 ако је нагибни угао стрме равни α такав да центар маса калема мирује. б) За коју вредност угла α ће центар маса калема мировати? Убрзање силе земљине теже је $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Трења занемарити. (20 п)

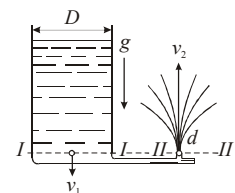


2. Један мол једноатомског идеалног гаса прелази из једног у друго равнотежно стање и при томе му се притисак мења по закону $p = a/V^2$ где је $a = \text{const} > 0$. Уколико претпоставимо да се гасу при овом прелазу запремина повећа за $\Delta V \ll V$: а) Изведите општи израз за промену температуре гаса ΔT као функцију промене запремине ΔV при овом прелазу и одговорите да ли се температура гаса при овом прелазу повећава или смањује? б) Изведите општи израз промене унутрашње енергија гаса ΔU при овом прелазу и одговорите да ли се унутрашња енергија при овом прелазу повећава или смањује? в) Да ли током овог прелазу гас прима или ослобађа топлоту? (20 п)

3. Пре доста времена је поткожно “давање” вакцина вршено помоћу шприцева са “дебелим” иглама. Такав начин вакцинације је често пута био доста непријатан, па чак и болан. Данас се за тзв. “безболну” вакцинацију користе “пиштољи” којима се вакцина (обично безбојна течност) под великим притиском убризгава директно у кожу. За то се користе врло танке игле занемарљивих пречника и дужине (у односу на тело пиштоља) и кроз њих се, под притиском од $p_1 = 3,45 \text{ МПа}$, вакцина избацује из пиштоља. Израчунајте брзину избацивања вакцине v_2 . Занемарите промену потенцијалне гравитационе енергије и брзину кретања вакцине у пиштољу (v_1). Спољашњи притисак износи $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$. Густина вакцине износи $\rho = 1,1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. (15 п)

4. У затвореном кружном циклусу у коме учествује хелијум као идеални гас, прво долази до адијабатског ширења при чему се температура гаса смањи са $T_1 = 500 \text{ К}$ на $T_2 = 499 \text{ К}$. Затим се гас изобарски сабије до почетне запремине да би се, на крају, гас загрејао изохорски до почетне температуре. Процените минималну вредност температуре у овом циклусу као и коефицијент корисног дејства η овог циклуса. (25 п)

5. Вода за фонтану се из цилиндричног резервоара (види слику) доводи до излазног отвора II-II одакле истиче увис (без отпора ваздуха) брзином $v_2 = 12 \text{ m/s}$. Пречник резервоара је $D = 2 \text{ m}$ а пречник излазног отвора је $d = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$. Израчунајте: а) Брзину v_1 снижавања нивоа воде у резервоару; б) Притисак p_1 којим вода из резервоара делује на његово дно; в) Висину h_1 нивоа воде у резервоару и висину h_2 до које се вода попне по изласку из отвора II-II. (20 п)
Задатак 2.1 из часописа “Млади физичар” број 71.



Задатке припремила: *Маја Рабасовић*, Институт за физику, Београд

Рецензент: *др Драган Д. Маркушев*, Институт за физику, Београд

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



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2008/2009. ГОДИНЕ.

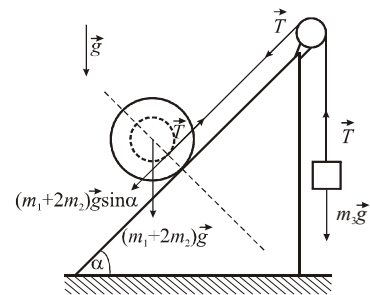


II РАЗРЕД

Друштво Физичара Србије
Министарство Просвете Републике Србије
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА

ОКРУЖНИ НИВО
07.03.2009.

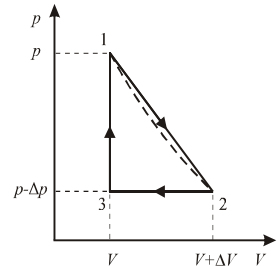
P1. Један од начина решавања овог задатка је следећи: а) На основу закона одржања енергије имамо да је $m_3gh = (1/2) \cdot (m_3v^2 + I\omega^2)$ (3 п), где је $I = I_1 + I_2 = (1/2)(m_1r^2 + 2m_2R^2)$ (2 п) и $\omega = v/r$ (1 п). Из ових релација се добије да је брзина падања тела m_3 једнака $v = \sqrt{4m_3gh / (m_1 + 2m_3 + 2m_2(R/r)^2)}$ (3 п). Ако то упоредимо са $v = \sqrt{2ah}$ (1 п) добија се убрзање тела m_3 као $a = 2m_3g / (m_1 + 2m_3 + 2m_2(R/r)^2) = 2g/7 \approx 2,8 \text{ m/s}^2$ (3 п). б) Калем неће вршити транслаторно кретање ако је сила затезања (која делује на стрму раван) једнака $T = (m_1 + 2m_2)g \sin \alpha$ (2 п). Са друге стране је $T = m_3g - m_3a$ (2 п), па изједначавањем последње две једначине добијамо да је $\sin \alpha = (m_3 / (m_1 + 2m_2)) \cdot (m_1 + 2m_2(R/r)^2) / (m_1 + 2m_3 + 2m_2(R/r)^2)$ (2 п), што даје на крају вредност угла од $\alpha = \arcsin(5/14) \approx 21^\circ$ (1 п).



P2. а) Из једначине стања идеалног гаса и $p = a/V^2$, добијамо: $T = pV/R = a/(VR)$ (2 п). На основу овог можемо да пишемо да је $T + \Delta T = a/(R(V + \Delta V))$ (2 п). Из последње две једначине се добија да је $\Delta T = -a\Delta V / (RV(V + \Delta V))$ (2 п). Ако је $\Delta V \ll V$ онда је $\Delta T = -a\Delta V / (RV^2)$ (2 п). Из последњег израза се види да се приликом повећања запремине гаса ($\Delta V > 0$) температура гаса смањује ($\Delta T < 0$) (2 п). б) На основу $\Delta U = C_v \Delta T$ (2 п), знајући да је за једноатомски идеалан гас $C_v = (3/2)R > 0$, и да је $\Delta T < 0$, онда је и $\Delta U = C_v \Delta T < 0$, тј. унутрашња енергија гаса се у датом процесу смањује (2 п). в) Из израза за $\Delta Q = C_v \Delta T + p\Delta V$ (2 п), имамо да је $\Delta Q = C_v(-a\Delta V / (RV^2)) + (a/V^2)\Delta V = a\Delta V / V^2(1 - C_v/R)$ (2 п). Заменом за $C_v = (3/2)R$ добија се да је $\Delta Q = -(1/2)a\Delta V / V^2 < 0$, тј. гас при датом процесу ширења ослобађа топлоту (2 п).

P3. Користећи се Бернулијевом једначином лако се налази да је $p_1 - p_2 = (1/2) \cdot \rho v_2^2$ (7 п) јер је $v_1 \approx 0$. Сређивањем се добија да је тражена брзина $v_2 = \sqrt{2(p_1 - p_2) / \rho} = \sqrt{2(3,45 - 0,1) \times 10^6 \text{ Pa} / (1,1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)} = 78 \text{ m/s}$ (8 п).

P4. Један од начина решавања задатка је следећи. Циклус се може представити као на слици, где је адијабатски процес (испрекидана линија) апроксимиран правом (пуна линија) обележеном са 1-2 (мале промене p и V). Једначине за део 1-2 (адијабатски процес) су: $\Delta U_{12} = -A_{12}$ (1 п), $\Delta U_{12} = (3/2)\nu R(T_2 - T_1)$ (1 п), $A_{12} = p\Delta V$ (1 п), па њиховом комбинацијом добијамо $p\Delta V = (3/2)\nu R\Delta T$ (2 п). За стање 1 је $pV = \nu RT_1$ (1 п), а за стање 2 је $(p - \Delta p)(V + \Delta V) = \nu RT_2$ (2 п), па комбинацијом последње три једначине добијамо $V\Delta p = (5/2)\nu R\Delta T$ (2 п). Сада је за стање 3: $(p - \Delta p)V = \nu RT_3$ (2 п) што даје $T_3 = (pV / \nu R) - (V\Delta p / \nu R) = T_1 - 2,5\Delta T = 497,5 \text{ K}$ (2 п). Ово је уједно и минимална вредност температуре у овом циклусу (2 п). Гас добија количину топлоте на делу 3-1, тј.: $Q = \Delta U_{31} = (3/2)\nu R(T_1 - T_3)$ (2 п). Рад у овом циклусу је: $A = (1/2)\Delta p\Delta V$ (1 п). Коefицијент корисног дејства је, $\eta = A/Q = [(1/2)\Delta p\Delta V] / [(3/2)\nu R \cdot (5/2)\Delta T]$ (2 п). Ако бројилац и именилац последње једначине помножимо са pV , и искористимо раније добијене изразе за pV , $p\Delta V$ и $V\Delta p$, онда заменом добијамо да је $\eta = (1/2) \cdot (3/2)\nu R\Delta T \cdot (5/2)\nu R\Delta T / ((3/2)\nu R \cdot (5/2)\Delta T \cdot \nu RT_1)$ (2 п) па после одговарајућих скраћивања добијамо да је $\eta = (1/2)\Delta T / T_1 = (1/2) \cdot 1 \text{ K} / 500 \text{ K} = 1/1000 = 0,1\%$. (2 п). Ако се не узме апроксимација правом добија се приближно исти резултат. Признати све процене за η у опсегу од $(0,09 - 0,11)\%$.



P5. а) Пошто су разлике у попречним пресецима велике, можемо сматрати да је, за један мањи период времена, проток равномеран. Из $v_1S_1 = v_2S_2$ (2 п) добијамо да је $v_1 = v_2S_2 / S_1 = 1,2 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ (3 п). б) Из $p_1 + \rho v_1^2 / 2 = p_2 + \rho v_2^2 / 2$ (4 п), уз $p_2 = 0$ и $v_1 \ll v_2$, добијамо да је $p_1 = \rho v_2^2 / 2 = 72 \text{ kPa}$ (3 п). в) Висину h_1 налазимо из $p_1 = \rho gh_1$: $h_1 = p_1 / (\rho g) = 7,35 \text{ m}$ (4 п). Висину h_2 налазимо из $h_2 = v_2^2 / (2g) = 7,35 \text{ m}$ (4 п). Видимо да је $h_1 = h_2$, ако се занемари отпор ваздуха.

