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

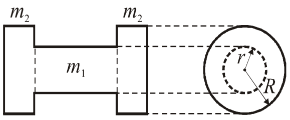
Друштво Физичара Србије
Министарство Просвете Републике Србије

II РАЗРЕД

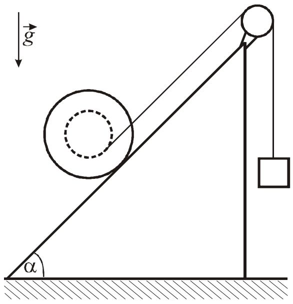
ОКРУЖНИ НИВО
07.03.2009.

ЗАДАЦИ

1. Калем за конац 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 $g = 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}$. Трења занемарити. **(20 п)**



1)



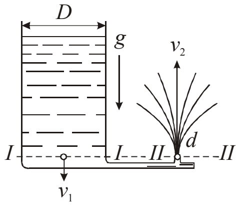
2)

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 $a = const > 0$. Уколико претпоставимо да се гасу при овом прелазу запремина повећа за $\Delta V << V$: 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 прелаза 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 $p_1 = 3{,}45\,\mathrm{MPa}$, 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 $p_2 = 0{,}1\,\mathrm{MPa}$. Густина вакцине износи $\rho = 1{,}1\times10^3\,\mathrm{kg/m^3}$. **(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 $T_1 = 500\,\mathrm{K}$ на $T_2 = 499\,\mathrm{K}$. 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 $v_2 = 12\,\mathrm{m/s}$. Пречник резервоара је $D = 2\,\mathrm{m}$ а пречник излазног отвора је $d = 2\times10^{-2}\,\mathrm{m}$. 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

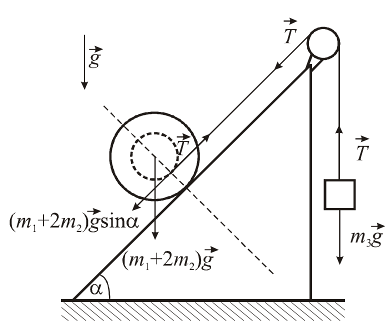
ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ШКОЛСКЕ 2008/2009. ГОДИНЕ.

Друштво Физичара Србије
Министарство Просвете Републике Србије
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА

II РАЗРЕД

ОКРУЖНИ НИВО
07.03.2009.

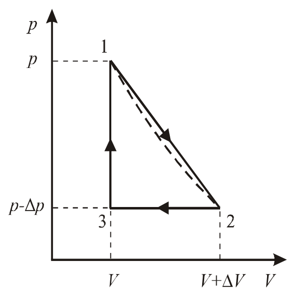
P1. Један од начина решавања овог задатка је следећи: а) На основу закона одржања енергије имамо да је $m_3gh=(1/2)\cdot(m_3v^2+I\omega^2)$ **(3 п)**, где је $I=I_1+I_2=(1/2)(m_1r^2+2m_2R^2)$ **(2 п)** и $\omega=v/r$ **(1 п)**. Из ових релација се добије да је брзина падања тела m_3 једнака $v=\sqrt{4m_3gh/\left(m_1+2m_3+2m_2(R/r)^2\right)}$ **(3 п)**. Ако то упоредимо са $v=\sqrt{2ah}$ **(1 п)** добија се убрзање тела m_3 као $a=2m_3g/\left(m_1+2m_3+2m_2(R/r)^2\right)=2g/7\approx 2{,}8\,\mathrm{m/s^2}$ **(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 $\sin\alpha=\left(m_3/(m_1+2m_2)\right)\cdot\left(m_1+2m_2(R/r)^2\right)/\left(m_1+2m_3+2m_2(R/r)^2\right)$ **(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 $T+\Delta T=a/\left(R(V+\Delta V)\right)$ **(2 п)**. Из последње две једначине се добија да је $\Delta T=-a\Delta V/\left(RV(V+\Delta V)\right)$ **(2 п)**. Ако је $\Delta V<<V$ онда је $\Delta T=-a\Delta V/(RV^2)$ **(2 п)**. Из послењег 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 $\Delta Q=C_V\left(-a\Delta V/(RV^2)\right)+(a/V^2)\Delta V=a\Delta V/V^2(1-C_V/R)$ **(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 $v_2=\sqrt{2(p_1-p_2)/\rho}=\sqrt{2(3{,}45-0{,}1)\times 10^6\,\mathrm{Pa}/(1{,}1\times 10^3\,\mathrm{kg/m^3})}=78\,\mathrm{m/s}$ **(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 $T_3=(pV/\nu R)-(V\Delta p/\nu R)=T_1-2{,}5\Delta T=497{,}5\,\mathrm{K}$ **(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)**. Коефицијент корисног дејства је, $\eta=A/Q=\left[(1/2)\Delta p\Delta V\right]/\left[(3/2)\nu R\cdot(5/2)\Delta T\right]$ **(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 $\eta=(1/2)\cdot(3/2)\nu R\Delta T\cdot(5/2)\nu R\Delta T/\left((3/2)\nu R\cdot(5/2)\Delta T\cdot\nu RT_1\right)$ **(2 п)** па после одговарајућих скраћивања добијамо да је $\eta=(1/2)\Delta T/T_1=(1/2)\cdot 1\,\mathrm{K}/500\,\mathrm{K}=1/1000=0{,}1\%$. **(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 $v_1=v_2S_2/S_1=1{,}2\times 10^{-3}\,\mathrm{m/s}$ **(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 $v_1<<v_2$, добијамо да је $p_1=\rho v_2^2/2=72\,\mathrm{kPa}$ **(3 п)**. в) Висину h_1 налазимо из $p_1=\rho gh_1$: $h_1=p_1/(\rho g)=7{,}35\,\mathrm{m}$ **(4 п)**. Висину h_2 налазимо из $h_2=v_2^2/(2g)=7{,}35\,\mathrm{m}$ **(4 п)**. Видимо да је $h_1=h_2$, ако се занемари отпор ваздуха.