**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА**
**ШКОЛСКЕ 2020/2021. ГОДИНЕ.**

**II разред**

**Друштво физичара Србије и Министарство просвете науке и технолошког развоја Републике Србије**

**ОПШТИНСКИ НИВО**
**30. јануар 2021.**

# ЗАДАЦИ-АЛФА КАТЕГОРИЈА*

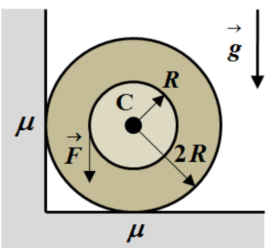
**1.** Тело се састоји из два међусобно чврсто спојена хомогена диска полупречника $R$ и $2R$, који као целина могу да ротирају око заједничке осе симетрије која пролази кроз њихов заједнички центар (тачка $C$). Маса тела је $M$. Тело је постављено на хоризонталну подлогу и прислоњено уз вертикални зид. На обод мањег диска почиње да делује сила $\vec{F}$ вертикално наниже (слика 1). Коефицијент трења између тела и хоризонталне подлоге, и између тела и вертикалног зида је једнак и износи $\mu$ $\left(0<\mu<\sqrt{2}-1\right)$. Одредити максимални интензитет силе $\vec{F}$ а да тело не почне да ротира. Величине $M$, $\mu$ и $g$ (гравитационо убрзање) сматрати познатим. **[20 поена]**

**2.** На слици 2 је приказана Боурдонова цев, чија је улога мерење ниских температура. Мала сонда А запремине $V_A=1\,\mathrm{cm}^3$, спојена је преко дугачке танке цевке тј. капиларе, К, са посудом В запремине $V_B=20\,\mathrm{cm}^3$. Запремина капиларе К је занемарљива. Боурдонова цев функционише тако што се у њој налази идеалан гас (хелијум), чији је притисак $p_0=101{,}3\,\mathrm{kPa}$, при температури читавог система од $T_0=300\,\mathrm{K}$. При радним условима, сонда А се налази на непознатој температури $T<T_0$, док сонда В остаје на температури $T_0$. Одредити притисак гаса који у радним условима показује Боурдонова сонда В при мерењу температуре од $T=5\,\mathrm{K}$. **[20 поена]**

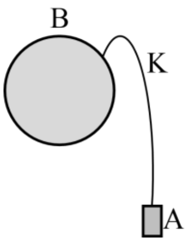
**3.** У суду облика цилиндра висине $H=10\,\mathrm{cm}$ и полупречника $r=5\,\mathrm{cm}$ налази се идеални гас густине $\rho=2\,\mathrm{kg/m^3}$ под притиском $p_0=10^5\,\mathrm{Pa}$ чија температура се одржава константном. Уколико се помоћу вентила испусти одређена количина гаса, притисак гаса опадне за $\Delta p=0.5\cdot10^5\,\mathrm{Pa}$. Одредити масу гаса која је испуштена. **[20 поена]**

**4.** Идеалан једноатомски гас је радно тело топлотне машине чији је идеални кружни циклус 1-2-3-4-1 приказан на $p-V$ дијаграму, слика 3. Процес 4-1 је адијабатски. Одредити вредност коефицијента корисног дејства циклуса ако су познате следеће вредности $V_1=5\,\mathrm{dm}^3, V_2=10\,\mathrm{dm}^3$, $V_4=15\,\mathrm{dm}^3$, $p_1=3{,}17\cdot10^5\,\mathrm{Pa}$ и $p_3=0{,}51\cdot10^5\,\mathrm{Pa}$. **[20 поена]**

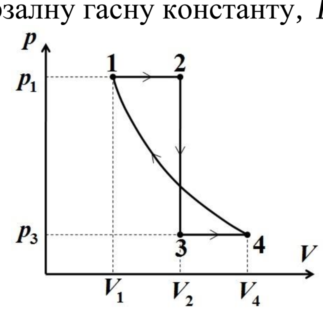
**5.** Посматрамо идеални гас са моларним топлотним капацитетом при константној запремини $c_V$. На почетку процеса, параметри гаса су $\left(p_1,V_1,T_1\right)$. Гас се прво изобарно шири при чему се запремина повећава на $2V_1$, па се онда шири адијабатски и запремина се повећава на $4V_1$. а) Нацртати $p-V$ дијаграм укупног термодинамичког процеса. б) Израчунати рад за цео процес. в) Одредити коначну вредност температуре гаса. Све величине наведене у задатку сматрати познатим, као и универзалну гасну константу, $R$. **[20 поена]**




**Слика 1**




**Слика 2**




**Слика 3**

**Решења свих задатака треба јасно образложити са јасно дефинисаним физичким законима и величинама које користите приликом решавања задатака. Нарочито дефинисати ознаке које уводите а које нису уобичајене.**

* У бета категорији такмиче се ученици који похађају одељења која раде по програмима гимназија општег типа, специјализованих гимназија за области које нису математика и физика, средњих стручних школа и уметничких школа.

Задатке 1 и 4 припремио Владимир Чубровић; задатке 2, 3 и 5 припремио доц. др Момир Арсенијевић, ПМФ Крагујевац
Рецензент: Проф. др Мирољуб Дугић, ПМФ Крагујевац
Председник Комисије за такмичења ученика средњих школа: доц. др Владимир Марковић, ПМФ Крагујевац

**Свим такмичарима желимо успешан рад!**

**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ШКОЛСКЕ 2020/2021. ГОДИНЕ.**

# II разред

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

**ОПШТИНСКИ НИВО**
**30. јануар 2021.**

**РЕШЕЊА-АЛФА КАТЕГОРИЈА***

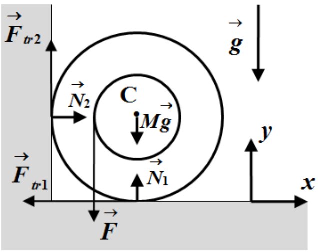
**1.** У граничном случају (пре почетка ротације) интензитети сила трења износе редом $F_{tr1}=\mu N_1$ и $F_{tr2}=\mu N_2$. Једначине равнотеже тела су $F\cdot R=\left(F_{tr1}+F_{tr2}\right)\cdot 2R$ **[5п]**, одакле је $F=2\mu\left(N_1+N_2\right)$, затим $N_2-F_{tr1}=0$ **[5п]**, одакле је $N_2=\mu N_1$ и $N_1+F_{tr2}-F-Mg=0$ **[5п]**, одакле је $N_1+\mu N_2=F+Mg$ (слика 1)**.** Комбинујући претходне три једначине добијамо да интензитет силе $F$ износи **:** $F=2\mu Mg\left(1+\mu\right)/\left(1-2\mu-\mu^2\right)$ **[5п].**

**2.** На почетку цео систем се налазио у термодинамичкој равнотежи, тј. $p_0(V_A+V_B)=nRT_0$ **[4п]**. У радним условима температуре сонда A и B се разликују. Преко капиларе K притисак се изједначава и можемо писати $pV_A=n_ART$ **[4п]**, $pV_B=n_BRT_0$ **[4п]** и $n=n_A+n_B$ **[4п]**. Комбинацијом претходних једначина, можемо израчунати притисак унутар сонде B, $p=\dfrac{p_0\left(V_A+V_B\right)}{V_A\dfrac{T_0}{T}+V_B}\approx 26{,}6\,\mathrm{kPa}$ **[3+1п]**.

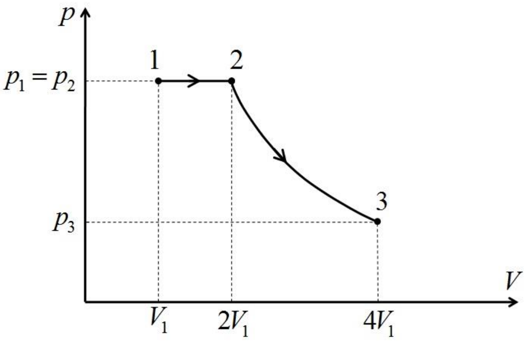
**3.** Једначине стања пре и после испуштања гаса су $p_0V_0=n_0RT_0$ **[2п]**, $p_1V_0=n_1RT_0$ **[2п]**, редом, где је $p_1=p_0-\Delta p$ **[2п]** притисак након испуштања гаса а $n_0=\dfrac{m_0}{M}$ **[0,5п]** и $n_1=\dfrac{m_1}{M}$ **[0,5п]** количине гаса пре и након испуштања. Користећи ове везе, следи однос $\dfrac{p_0}{p_1}=\dfrac{n_0}{n_1}$ **[2п],** односно $m_1=m_0\dfrac{p_1}{p_0}$ **[2п]**. Маса гаса који је испуштен је $\Delta m=m_0-m_1$ **[2п]**. Отуда је $\Delta m=m_0\left(1-\dfrac{p_1}{p_0}\right)=\dfrac{1}{2}\rho r^2\pi H$ **[4п]**, при чему је $V_0=r^2\pi H$ запремина цилиндра **[2п]**. Користећи задате бројне вредности следи $\Delta m=0{,}785\,\mathrm{g}$ .**[1п]**

**4.** Коефицијент корисног дејства циклуса је $\eta=1-\dfrac{Q_{23}}{Q_{12}+Q_{34}}$ **[2п]**. Количина топлоте коју гас отпусти у процесу 2-3 је $Q_{23}=\dfrac{3}{2}Rn(T_2-T_3)$ **[2п]** (1). Количина топлоте коју гас прими у процесу 1-2 је $Q_{12}=\dfrac{5}{2}Rn(T_2-T_1)$ **[2п]** (2) , а у процесу 3-4 је $Q_{34}=\dfrac{5}{2}Rn(T_4-T_3)$ **[2п]** (3). У претходним изразима $n$ је број молова идеалног гаса, а $R$ универзална гасна константа.
Једначине стања идеалног гаса у стањима 1,2,3 и 4 која су означена на $p-V$ дијаграму (слика) су редом $p_1V_1=nRT_1$ **[1п]**, $p_1V_2=nRT_2$ **[1п]**, $p_3V_2=nRT_3$ **[1п]** и $p_3V_4=nRT_4$ **[1п]**. Ако претходне једначине искористимо у изразима (1), (2) и (3) добијамо редом $Q_{23}=\dfrac{3}{2}V_2(p_1-p_3)$ **[2п]**, $Q_{12}=\dfrac{5}{2}p_1(V_2-V_1)$ **[2п]** и $Q_{34}=\dfrac{5}{2}p_3(V_4-V_2)$ **[2п]**. Коефицијент корисног дејства циклуса је једнак $\eta=1-\dfrac{3V_2(p_1-p_3)}{5p_1(V_2-V_1)+5p_3(V_4-V_2)}\approx 0{,}13$ **[1+1п].**

**5.** а) Дијаграм процеса дат је на слици 2. **[3п]**(бодовати комплетно нацртан дијаграм**)**. б) За изобарски процес рад износи $A_{12}=p(V_2-V_1)=p_1\left(2V_1-V_1\right)=p_1V_1$ **[2п]**. За адијабатски процес, рад се врши на рачун унутрашње енергије гаса: $A_{23}=-\Delta U_{23}=-nc_V\left(T_3-T_2\right)$ **[2п]**. У тачкама 2 и 3 важи, редом, $T_2=\dfrac{p_2V_2}{nR}$ **[1п]** и $T_3=\dfrac{p_3V_3}{nR}$ **[1п]**, па ће бити $A_{23}=\dfrac{c_V}{R}\left(p_2V_2-p_3V_3\right)$ **[1п]**. Узевши у обзир једначину адијабате $p_3V_3^{\gamma}=p_2V_2^{\gamma}=p_1V_2^{\gamma}$ **[1п]** рад се може изразити као $A_{23}=p_1V_1\dfrac{c_V}{R}(2-2^{2-\gamma})$ **[3п]**. Зато је укупни рад $A=p_1V_1\left(1+\dfrac{c_V}{R}(2-2^{2-\gamma})\right)$ **[2п]**. в) Једначина стања идеалног гаса за тачке 1 и 3 даје $\dfrac{p_1V_1}{T_1} = \dfrac{p_3V_3}{T_3}$ **[2п]**. Коришћењем једначине адијабате, следи $p_3 = p_1\left(\dfrac{V_2}{V_3}\right)^{\gamma} = \dfrac{p_1}{2^{\gamma}}$ **[1п]** и коначна температура $T_3 = 2^{2-\gamma}T_1$ **[1п]**.




**Слика 1**




**Слика 2**

(У свим задацима признати и друге тачне начине решавања са еквивалентним начином бодовања)