ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2025/2026. ГОДИНЕ

Друштво физичара Србије и
Министарство просвете Републике Србије
РЕШЕЊА – БЕТА КАТЕГОРИЈА

II разред

ОКРУЖНИ НИВО
14. март 2026.

1. Средња брзина кретања молекула идеалног гаса дата је као $v_S = \sqrt{\frac{8k_BT}{\pi M}}$ $\boxed{\textbf{5п}}$. Са друге стране, знамо да важи $pV = Nk_BT$ $\boxed{\textbf{3п}}$, одакле имамо да је притисак гаса у суду дат са $p = \frac{N\pi M v_S^2}{8V}$ $\boxed{\textbf{5п}}$. Сила којом гас делује на поклопац је дата са $F = pS$ $\boxed{\textbf{2п}}$, где је $S = R^2\pi$ $\boxed{\textbf{1п}}$. Све укупно, имамо $F = \frac{NM\pi^2R^2v_S^2}{8V} = 229{,}5\ \mathrm{N}$ $\boxed{\textbf{3п+1п}}$.

2. Применом Бернулијеве једначине између тачке A и тачке тока непосредно изван гуме имамо $p = p_0 + \rho\frac{v^2}{2}$ $\boxed{\textbf{5п}}$, где је v брзина којом флуид излази кроз отвор, односно $v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$ $\boxed{\textbf{2п}}$. По услову задатка, важи $\Delta p = 0{,}1\,p_0$, те је $v = 4{,}47\ \mathrm{m/s}$ $\boxed{\textbf{2п}}$. Након изласка флуида кроз отвор, путања истог је одређена законом хоризонталног хица: хоризонтална компонента брзине се не мења $\boxed{\textbf{2п}}$, $v_x = \sqrt{\frac{0{,}2\,p_0}{\rho}}$, док у вертикалном правцу флуид слободно пада. Време између проласка неког делића флуида кроз отвор и падања на подлогу је $t = \sqrt{\frac{2R}{g}}$ $\boxed{\textbf{4п}}$, одакле имамо да је тражено растојање једнако $R + \sqrt{\frac{0{,}4Rp_0}{\rho g}} = 2{,}16\ \mathrm{m}$ $\boxed{\textbf{4п+1п}}$ (одузети укупно један поен уколико је такмичар заборавио да дода растојање R у последњем изразу).

3. За мало време Δt кроз цев протекне запремина воде $\Delta V = Sv\Delta t$ $\boxed{\textbf{3п}}$, gde je $S = \frac{D^2\pi}{4}$ $\boxed{\textbf{1п}}$. Да би одредили укупну запремину, можемо приступити на два начина.

   Први начин: Прве $T_1 = 2\ \mathrm{s}$, течност има константно убрзање $a = 0{,}2/2\ \mathrm{m/s^2} = 0{,}1\ \mathrm{m/s^2}$ $\boxed{\textbf{4п}}$, те је по аналогији са убрзаним кретањем укупна запремина воде која прође крај сензора једнака $V_1 = S\frac{aT_1^2}{2}$ $\boxed{\textbf{2п}}$. Током наредних $T_2 = 8\ \mathrm{s}$, проток воде је константан и укупна запремина која прође крај сензора износи $V_2 = vST_2$ $\boxed{\textbf{3п}}$, где је $v = 0{,}2\ \mathrm{m/s}$. Укупна запремина је једнака $V = V_1 + V_2 = 1{,}27\ \mathrm{dm^3}$ $\boxed{\textbf{2п}}$.

   Други начин: Укупна запремина воде која прође крај сензора једнака је производу површине испод графика на слици и површине попречног пресека цеви S $\boxed{\textbf{7п}}$. Та површина је једнака $(0{,}2\cdot 8 + \frac{1}{2}\cdot 2\cdot 0{,}2)\ \mathrm{m} = 1{,}8\ \mathrm{m}$ $\boxed{\textbf{2п}}$, te je укупна запремина једнака $V = 1{,}27\ \mathrm{dm^3}$ $\boxed{\textbf{2п}}$.

   Маса воде је једнака $m = \rho V = 1{,}27\ \mathrm{kg}$ $\boxed{\textbf{1п}}$. Приликом грејања воде, важи $Pt = mc\Delta T$ $\boxed{\textbf{1п}}$, где је $\Delta T = 80\ \mathrm{K}$ $\boxed{\textbf{1п}}$. Према томе, време потребно да се вода загреје до температуре од $100\ ^\circ\mathrm{C}$ износи $t = \frac{mc\Delta t}{P} = 426{,}7\ \mathrm{s}$ $\boxed{\textbf{1п+1п}}$.

4. Први принцип термодинамике даје $Q = A + \Delta U$ $\boxed{\textbf{3п}}$, где је A рад који је извршио гас. Како је процес адијабатски, важи $Q = 0$ $\boxed{\textbf{4п}}$, односно $A = -\Delta U$ $\boxed{\textbf{1п}}$. Гас је двоатомски, те је $C_v = \frac{5}{2}R$ $\boxed{\textbf{3п}}$, односно имамо $\Delta U = \frac{5}{2}R\Delta T$ $\boxed{\textbf{2п}}$. Како важи $\Delta T = \frac{T_0}{2} - T_0 = -\frac{T_0}{2}$ $\boxed{\textbf{2п}}$, имамо да је рад који изврши гас једнак $A = \frac{5}{4}RT_0$ $\boxed{\textbf{5п}}$.

5. Коефицијент корисног дејства Карноове машине дат је као $\eta = 1 - \frac{T_h}{T_g} = 0{,}17$ $\boxed{\textbf{10п+1п}}$. Такође, у Карноовом циклусу важи $\frac{T_h}{T_g} = \frac{|Q_h|}{|Q_g|}$ $\boxed{\textbf{6}}$, gde je $|Q_h|$ апсолутна вредност топлоте коју је радно тело предало хладњаку, а $|Q_g|$ апсолутна вредност топлоте коју је радно тело примило од грејача. Самим тим, имамо $|Q_g| = \frac{T_g}{T_h}|Q_h| = 2{,}41\ \mathrm{kJ}$ $\boxed{\textbf{2п+1п}}$.

   Напомена: Када радно тело отпушта топлоту Q_h, она је по конвенцији негативна. Међутим, стандардно је да се приликом анализе Карноове машине користе апсолутне вредности размењених топлота, те у потпуности признавати решење где ученик није користио ознаку $|Q_g|$ и $|Q_h|$, већ само Q_g и Q_h.

Максималним бројем поена оценити и сваки други смислен поступак који води до тачног решења. Уколико је у кључу дато више начина решавања истог дела задатка, бодовати *само* по оном који је погоднији за ученика, без сабирања поена за оба понуђена начина.

Задатке припремили: *Душан Ђорђевић*, Физички факултет, Универзитет у Београду, *Милена Живковић* и *Момир Арсенијевић*, Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу.
Рецензент: *Никола Коњик*, Физички факултет, Универзитет у Београду.
Председник Комисије за такмичења ученика средњих школа: *проф. др Имре Гут*, Универзитет у Новом Саду