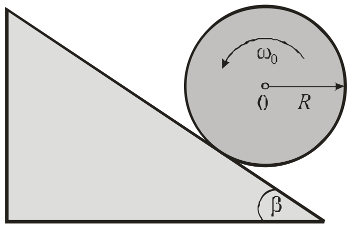
ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2010/2011. ГОДИНЕ.

Друштво Физичара Србије
Министарство Просвете Републике Србије
ЗАДАЦИ

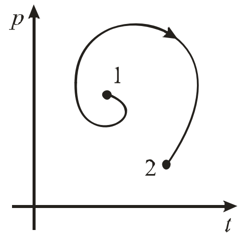
II РАЗРЕД

ОКРУЖНИ НИВО
12.03.2011.

1. Хомогени ваљак полупречника $R = 1\,\mathrm{cm}$, који се обрће угаоном брзином $\omega_0 = 1\,\mathrm{rad/s}$ око своје осе 0, постави се на дно бесконачно велике стрме равни нагибног угла $\beta = 30°$, после чега почиње да се пење уз ту стрму раван (види слику). Након колико времена ће престати проклизавање и почети чисто котрљање ваљка узбрдо? Коефицијент трења између ваљка и подлоге износи $\mu = 0{,}7$. Узети да је $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$. Момент инерције ваљка за ротацију око осе 0 која је нормална на раван цртежа и пролази кроз његов центар је $I = mR^2/2$ **(20 п)**

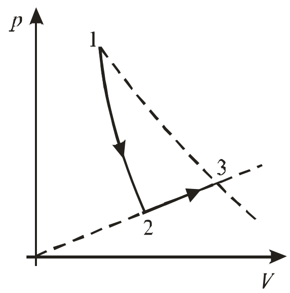


2. На слици је на $p-t$ дијаграму представљен неки процес 1-2 који врши идеалан гас. Маса гаса се у току процеса не мења. Одредите на датом дијаграму (на кривој процеса 1-2) области у којима се запремина смањује и/или повећава и објасните како сте одредили те области. Температура t на хоризонталној оси $p-t$ дијаграма је дата у °C. **(20 п)**

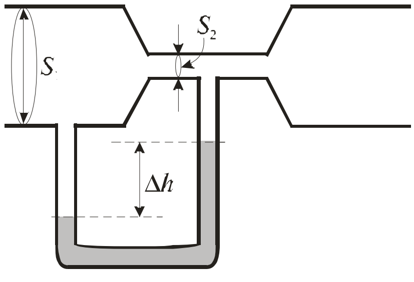


3. Идеални гас се шири из стања 1 (p_1, V_1, T_1, ν) у стање 2 (p_2, V_2, T_2, ν) по закону $pV^2 = \mathrm{const}$. Користећи се датим законом покажите да се током овог процеса ширења гас охладио тј. да је $T_2 < T_1$. **(20 п)**

4. Хелијум као идеалан гас почиње, из стања 1, да се шири процесом 1-2 током којег је топлотни капацитет константан $(C = \mathrm{const.})$. Рад који гас изврши у овом процесу једнак је $A_{12} = 400\,\mathrm{J}$. Затим се гасу доведе количина топлоте $Q_{23} = 400\,\mathrm{J}$ у процесу 2-3 (у овом процесу је притисак директно пропорционалан запремини). Температуре у стањима 1 и 3 су једнаке (види слику). а) Израчунајте бројну вредност количине топлоте која је доведена гасу током процеса 1-2; б) Пронађите општи израз за топлотни капацитет гаса C у процесу 1-2 и изразите га преко универзалне гасне константе R. **(20 п)** (на основу задатка 2.4, Млади физичар број 77)



5. Цев површине попречног пресека $S_1 = 100\,\mathrm{cm^2}$ има сужење на једном месту (види слику) чија је површина попречног пресека $S_2 = S_1/5$. Кроз ову цев пролази ваздух чији је проток $Q = 2\,\mathrm{m^3/min}$. Колика је разлика висина воде Δh у манометарским цевима? Густина ваздуха је $\rho = 1{,}3\,\mathrm{kg/m^3}$ а густина воде је $\rho' = 1000\,\mathrm{kg/m^3}$. Узети да је $g = 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}$. **(20 п)**



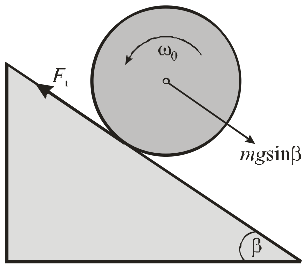
Задатке припремила: *Сања Тошић,* Институт за физику, Београд
Рецензент: *др Драган Д. Маркушев,* Институт за физику, Београд
Председник Комисије за такмичење ДФС: *Проф. др Мићо Митровић,* Физички факултет, Београд

ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ШКОЛСКЕ 2010/2011. ГОДИНЕ.

II РАЗРЕД

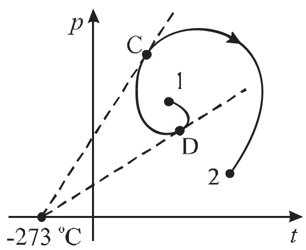
Друштво Физичара Србије
Министарство Просвете Републике Србије
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА

ОКРУЖНИ НИВО
12.03.2011.



Р1. Успорење ваљка који се креће уз стрму раван једнако је $a = g(\mu\cos\beta - \sin\beta)$ **(3 п)** (види слику, F_t је сила трења). II Њутнов закон за ротацију око осе ваљка даје једначину из које налазимо угаоно убрзање: $I\alpha = \mu mgR\cos\beta$ одакле је $\alpha = 2\mu g\cos\beta/R$ **(3 п)**. Угаона брзина ваљка се мења (смањује) по закону $\omega = \omega_0 - \alpha t = \omega_0 - 2\mu gt\cos\beta/R$ **(3 п)**. Проклизавање ће престати оног тренутка када брзина транслације центра ваљка v_C постане једнака линијској брзини v_R тачака на периферији ваљка услед ротације око сопствене осе. Користећи се претходно добијеним релацијама, ове брзине су једнаке: $v_C = at = g(\mu\cos\beta - \sin\beta)\cdot t$ **(3 п)** и $v_R = \omega R = \omega_0 R - 2\mu gt\cos\beta$ **(3 п)**. Њиховим изједначавањем $(v_C = v_R)$ се добија да је $t = \omega_0 R/[g(3\mu\cos\beta - \sin\beta)]$ **(3 п)**. Заменом бројних вредности добија се да је $t \approx 7{,}6\times10^{-4}$ s **(2 п)**.

Р2. На основу једначине стања идеалног гаса $pV = nRT$ **(4 п)** за случај сталне запремине ($V = const$) и сталне масе гаса ($n = m/M = const$) можемо повући бесконачан број изохора $p = const\cdot T/V$ (Шарлов закон **(4 п)**) које полазе из апсолутне нуле $(-273°\mathrm{C})$ и пролазе кроз сваку тачку процеса 1-2. Од свих тих изохора можемо издвојити нпр. две (испрекидане праве на слици) које су уједно и тангенте криве процеса 1-2 (додирују криву процеса у тачкама C и D). Ако пратимо криву процеса и имамо у виду Шарлов закон, запремина се: *повећава* од тачке 1 до тачке D **(4 п)**, *смањује* од тачке D до тачке C **(4 п)**, а затим опет *повећава* од тачке C до тачке 2 **(4 п)**.



Р3. За крајња стања процеса 1-2 важи да је $p_1V_1^2 = p_2V_2^2$ **(4 п)** и $p_1V_1/T_1 = p_2V_2/T_2$ **(4 п)**. Ако другу једначину помножимо са V_1 добијамо да је $p_1V_1^2/T_1 = p_2V_2V_1/T_2$ **(4 п)**. Пошто је $V_2 > V_1$ онда је и $p_2V_2V_1 < p_2V_2^2 = p_1V_1^2$ **(4 п)** што директно даје $p_2V_2 < p_1V_1$, тј. $T_2 < T_1$ **(4 п)**.

Р4. Означимо са p_2, V_2, T_2 и p_3, V_3, T_3 притисак запремину и температуру у тачкама 2 и 3. Рад гаса у процесу 2-3 једнак је разлици површина два правоугла троугла са теменима у тачкама 2 и 3: $A_{23} = p_3V_3/2 - p_2V_2/2$ **(3 п)**. Једначине стања у тачкама 2 и 3 су: $p_2V_2 = \nu RT_2$ **(1 п)** и $p_3V_3 = \nu RT_3$ **(1 п)**. На основу првог закона термодинамике за процесе 1-2 и 2-3 имамо: $Q_{12} = \nu(3/2)R(T_2 - T_3) + A_{12}$ **(3 п)** и $Q_{23} = \nu(3/2)R(T_3 - T_2) + A_{23}$ **(3 п)**. а) Комбиновањем наведених једначина добија се тражена количина топлоте у процесу 1-2: $Q_{12} = A_{12} - (3/4)Q_{23} = 100$ J **(4 п)**; б) Топлотни капацитет у процесу 1-2 једнак је $C = Q_{12}/[\nu(T_2 - T_3)] = 3R/2 - 2A_{12}R/Q_{23} = -R/2$ **(5 п)**. Ако је у крајњем резултату изостављен знак "–" одузети 1 поен.

Р5. Из Бернулијеве једначине следи да је $p_1 + \rho v_1^2/2 = p_2 + \rho v_2^2/2$ **(5 п)**. С обзиром да је $p_1 - p_2 = \rho' g\Delta h$ **(5 п)**, $v_1 = Q/S_1$ **(2 п)** и $v_2 = Q/S_2 = 5Q/S_1$ **(3 п)**, добија се да је $\Delta h = 12Q^2\rho/(S_1^2 g\rho') = 1{,}76\times10^{-2}\,\mathrm{m} \approx 1{,}8\,\mathrm{cm}$ **(5 п)**.