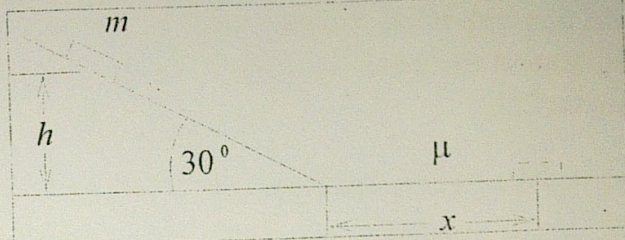


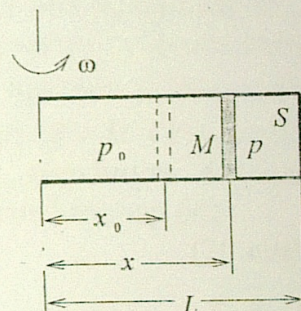


1. У почетном тренутку тело масе  $m = 1 \text{ kg}$  мирује на непокретној стрмој равни на висини  $h = 1 \text{ m}$ . Када се пусти, тело прво клизи низ стрму раван а затим по хоризонталној подлози. Коефицијент трења између тела и хоризонталне подлоге износи  $\mu = 0.2$ , док је трење низ стрму раван занемарљиво. Ако се занемари утицај прелаза са стрме на хоризонталну раван на кретање тела одредити: а) време потребно да се тело спусти низ стрму раван, б) брзину тела на дну стрме равни, в) дужину пута  $x$  које тело пређе по хоризонталном делу путање и г) укупно време кретања тела. (20 п)



2. Метак масе  $m = 20 \text{ g}$  испаљен је под неким углом почетном брзином  $v_0 = 500 \text{ m/s}$ . Од тренутка пада на тло 70% кинетичке енергије метка прелази у топлоту која га загрева. Специфична топлота материјала метка износи  $c = 500 \text{ J/(kgK)}$ . Отпор ваздуха је занемарљив. Одредити: а) пут који метак прође кроз тло до заустављања ако је средња сила трења метка о тло  $F_{tr} = 1 \text{ kN}$ ? и б) за колико се повећа температура метка при заустављању. (20 п)

3. У цилиндру, попречног пресека  $S = 1 \text{ dm}^2$  и дужине  $L = 1 \text{ m}$ , налази се танак клип масе  $M = 10 \text{ kg}$ . Клип се у равнотежи налази на растојању  $x_0 = 50 \text{ cm}$  од ивице цилиндра у којем се налази идеални гас. Спољашњи притисак је  $p_0 = 101.325 \text{ kPa}$ . Цилиндар затим ротира угаоном брзином  $\omega = 10\pi \text{ rad/s}$  око нормалне осе која пролази кроз ивицу (види слику). Наћи удаљеност новог равнотежног положаја клипа од осе ( $x$ ) под претпоставком да температура свих делова система остаје сво време непромењена и да клип идеално затвара цилиндар. (20 п)



4. Кисеоник масе  $m = 3 \text{ kg}$  и температуре  $T_1 = 283 \text{ K}$  загрева се од стања 1 до стања 2 изохорски, а од стања 2 до стања 3 изобарски. У току изобарског процеса запремина му се повећа два пута, док му се унутрашња енергија повећа за  $\Delta U_{23} = 730 \text{ kJ}$ . Одредити укупну количину топлоте доведену кисеонику и рад који он изврши у описаном процесу. Специфична топлота кисеоника при сталној запремини износи  $c_v = 650 \text{ J/kgK}$ . (20 п)

5. Од идеалне топлотне машине која ради по Карноовом циклусу у јединици времена се одводи количина топлоте  $Q_2' = 5 \text{ kJ/s}$  на температури  $T_2 = 283 \text{ K}$ . Одредити снагу машине ако за исто време машина прими количину топлоте  $Q_1' = 8 \text{ kJ/s}$ . На којој се температури топлота доводи? (20 п)

Убрзање силе теже:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Универзална гасна константа:  $R = 8.3 \text{ J/molK}$

Задатке припремио: др Ненад Сакан, Институт за физику, Београд

Рецензент: Проф. др Мићо Митровић, Физички факултет, Београд

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



1. Тело се на стрмој равни убрзава убрзањем  $a_1 = 0.5g$  на путу  $2h$  (2п). а) Пошто је почетна брзина нула важи  $s = 2h = a_1 t_1^2 / 2 = 0.5g t_1^2 / 2$  (1п), па је време спуштања  $t_1 = 2\sqrt{2h/g} \approx 0.903\text{ s}$  (2п+1п). б)  $E_k = E_p = mgh = mv_0^2 / 2$ , па је тражена брзина  $v_0 = \sqrt{2gh} \approx 4.43\text{ m/s}$  (3п+1п) в) На хоризонталном делу тело успорава сила трења  $F_{tr} = \mu mg$ , дајући му успорење  $a_2 = \mu g$  (1п), па је  $0 = v_0^2 - 2a_2 x = 2gh - 2\mu gx$ , и тражени пут износи  $x = h/\mu = 5\text{ m}$  (3п+1п). г) Такође је  $0 = v_0 - a_2 t_2$ , па се по хоризонтали тело креће  $t_2 = v_0/a_2 = \frac{1}{\mu} \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 2.26\text{ s}$  (3п+1п), одакле је  $t = t_1 + t_2 \approx 3.16\text{ s}$  (1п).

2. Не постоји сила отпора ваздуха па су кинетичке енергије метка на почетку и у тренутку пада на тло једнаке. Та кинетичка енергија се троши на савлађивање рада силе трења  $F_{tr} s = mv^2 / 2$  (5п), па метак прелази пут  $s = mv^2 / 2F_{tr} = 2.5\text{ m}$  (2п+1п). 70% кинетичке енергије прелази у топлоту која загрева метак  $Q = 0.7 E_k = 0.7mv_0^2 / 2$  (3). Пошто је  $Q = mc\Delta t$  (1п), тј.  $mc\Delta t = 0.7mv_0^2 / 2$  (5п), метак се загреје за  $\Delta t = \frac{0.7v_0^2}{2c} = 175\text{ }^\circ\text{C}$  (2п+1п).

3. За изотерман процес важи  $p_0 V_0 = p_1 V_1$  (1п). Из геометрије проблема следи  $V_0 = (L - x_0)S$  и  $V_1 = (L - x)S$  (3п). Како је цилиндар мале дебљине, кад се налази на растојању  $x$  од осе ротације центрифугална сила која на њега делује износи  $F_{CF} = Mx\omega^2$  (3п). Ова сила ствара пораст притиска, па је  $p_1 = p_0 + F_{CF}/S = p_0 + xM\omega^2/S$  (5п). Комбиновањем претходних једначина добија се квадратна једначина  $x^2 + x\{Sp_0/(M\omega^2) - L\} - x_0 Sp_0/(M\omega^2) = 0$ . Заменом бројних вредности добија се једначина  $x^2 - 0.8973x - 0.05133 = 0$  (5п). Физички смисао има решење  $x > 0$ , па је тражена удаљеност  $x = 0.951\text{ m}$  (3п).

4. Однос параметара у појединим стањима је (1)  $p_1, V_1, T_1$ , (2)  $p_2, V_2 = V_1, T_2$ , (3)  $p_3 = p_2, V_3 = 2V_2, T_3$ . За изобарски процесу важи  $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow \frac{V_2}{T_2} = \frac{2V_2}{T_3}$  (2п), па је  $T_3 = 2T_2$  (2п). Промена унутрашње енергије у овом процесу је  $\Delta U_{23} = mc_v(T_3 - T_2) = mc_v T_2$  (3п), одакле је  $T_2 = \frac{\Delta U_{23}}{mc_v} \approx 374.4\text{ K}$  (2п). Тражена количина топлоте је једнака збиру количина топлота доведених у оба процеса  $Q = mc_v(T_2 - T_1) + mc_p(T_3 - T_2) = mc_v(T_2 - T_1) + mc_p T_2$  (4п). Пошто је  $c_p = c_v + \frac{R}{M} \approx 909 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ , добија се  $Q \approx 1.2\text{ MJ}$  (2п). Рад се врши само у изобарском процесу и износи  $A = p_2(V_3 - V_2) = \frac{m}{M} R(T_3 - T_2) = \frac{m}{M} RT_2 \approx 291\text{ kJ}$  (4п+1п).

5. За време  $t$  доведене и одведене количине топлоте износе  $Q_1 = Q'_1 t$  (2п) и  $Q_2 = Q'_2 t$  (2п). Коefицијент корисног дејства топлотне машине је  $\eta = \frac{Q'_1 - Q'_2}{Q'_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$  (2п),  $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$  (2п), па је  $\frac{T_2}{T_1} = \frac{Q'_2}{Q'_1}$ ,  $T_1 = \frac{Q'_1}{Q'_2} T_2 = 452.8\text{ K}$  (4п+1п). Снага машине износи  $P = \frac{A}{t} = \frac{Q_1 - Q_2}{t} = Q'_1 - Q'_2 = 3\text{ kW}$  (6п+1п).

Напомена: За директно коришћење  $Q'_1$  и  $Q'_2$  уместо  $Q_1$  и  $Q_2$  у формули за коefицијент корисног дејства не давати поене, јер се не смеју користити формуле којих нема у уџбеницима!