

**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ПРОЛЕТНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА**

8 – 10 март 2024 г., Кърджали

Решения на темата за II състезателна група (8. клас)

Задача 1. Кинематика (две независими части)

Част I а) От момента, в който шофьорът на камиона бие спирачки, до момента на разминаване от катастрофа изминава време t и камионът изминава път $s_K = v_0 t - \frac{a_K t^2}{2}$. [0,5 т.]

[0,5 т.] За това време мотоциклетът изминава път $s_M = v_0 t - \frac{a_M(t-\Delta t)^2}{2}$. [0,5 т.] От условието на задачата следва, че $s_M = s_K + d_0$. От друга страна, скоростите на превозните средства в момента на допирание са $v_{K0} = v_0 - a_K t$ и $v_{M0} = v_0 - a_M(t - \Delta t)$. [0,5 т.] Относителната скорост тогава е нулева, т.е. $v_{K0} = v_{M0}$ и $t = \frac{a_M \Delta t}{a_M - a_K}$. [0,5 т.] Като заместим времето в съотношението между изминатите пътища, ще получим, че $d_0 = \frac{a_K a_M (\Delta t)^2}{2(a_M - a_K)}$ [0,5 т.], откъдето

$$a_M = \frac{2d_0 a_K}{2d_0 - a_K (\Delta t)^2} = 3 \text{ m/s}^2 \text{ [1 т.]}$$

б) Изминалото време $t = \frac{a_M \Delta t}{a_M - a_K} = \frac{2d_0}{a_K \Delta t} = 6 \text{ s}$. [1 т.]

в) Когато разстоянието между превозните средства е отново d_0 , те са изминали равни пътища: $s'_K = v_0 t' - \frac{a_K t'^2}{2} = v_0 t' - \frac{a_M (t' - \Delta t)^2}{2} = s'_M$. Съответното време е $t' = \frac{\Delta t}{1 - \sqrt{1 - \frac{a_K (\Delta t)^2}{2d_0}}}$. [1 т.]

Търсените скорости са $v_M = v_0 - a_M (t' - \Delta t) = v_0 - \frac{a_K \Delta t}{\sqrt{1 - \frac{a_K (\Delta t)^2}{2d_0}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{a_K (\Delta t)^2}{2d_0}}\right)} \approx 3,3 \text{ m/s}$ и $v_K =$

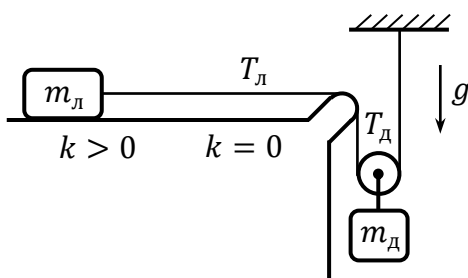
$$v_0 - a_K t' = v_0 - \frac{a_K \Delta t}{1 - \sqrt{1 - \frac{a_K (\Delta t)^2}{2d_0}}} \approx 8,2 \text{ m/s}. \text{ [1 т.]}$$

Част II а) Нека да означим времето на падане във въздуха с t_1 . Изпълняват се съотношенията $h = \frac{gt_1^2}{2}$ и $v = gt_1$. [0,5 т.] Оттук $v = \sqrt{2gh} = 10 \text{ m/s}$. [1 т.]

б) Нека да означим времето за потъване във водата с t_2 . Търсеното $d = vt_2 = v(t_d - t_1) = v \left(t_d - \sqrt{\frac{2h}{g}}\right) = t_d \sqrt{2gh} - 2h = 3 \text{ m}$. [1 т.]

в) Средната скорост $v_{cp} = \frac{h+d}{t_d} = \sqrt{2gh} - \frac{h}{t_d} \approx 6,2 \text{ m/s}$. [1 т.]

Задача 2. Теглилки на триеща се нишка



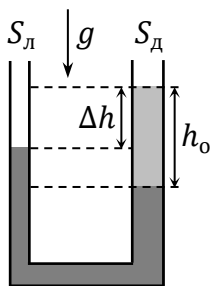
а) Първоначално на лявата теглилка действа силата на тежестта $G_l = m_l g$ надолу, реакцията на опората $R = G_l$ нагоре, силата на опън T_l надясно и силата на триене $f = kR = km_l g$ наляво. [0,5 т.] По условие силата на опън на нишката отдясно на ръба е $T_d = 2T_l$. На дясната теглилка действа силата на тежестта $G_d = m_d g$, но силата на опън от страна на подвижната макара е $2T_d$ (поради факта, че макарата е безмасова).

[0,5 т.] Ако системата е на границата между движението и покоя, $T_l = km_l g$ и $m_d g = 2T_d = 4T_l$. [1 т.] От двете уравнения следва, че $\left(\frac{m_d}{m_l}\right)_{\min} = 4k = 1$. [1 т.]

б) Като приложим II принцип на Нютон, ще получим: $T_{\text{л}} - km_{\text{л}}g = m_{\text{л}}a_{\text{л}}$ [1 т.] (за лявата теглилка) и $m_{\text{д}}g - 4T_{\text{л}} = m_{\text{д}}a_{\text{д}}$ [1 т.] (за дясната теглилка). Може да се съобрази, че $a_{\text{л}} = 2a_{\text{д}}$, тъй като лявата теглилка изминава двойно по-голям път от дясната теглилка, а пътят е пропорционален на ускорението при движение без начална скорост. [0,5 т.] От горните уравнения следва, че $\frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{л}}} = \frac{8(kg+a_{\text{л}})}{2g-a_{\text{л}}} = 2$. [1,5 т.]

в) В този случай уравненията на Нютон за двете теглилки са: $T'_{\text{л}} = m_{\text{л}}a'_{\text{л}}$ [0,5 т.] (за лявата теглилка) и $m_{\text{д}}g - 4T'_{\text{л}} = m_{\text{д}}a'_{\text{л}}/2$ [1 т.] (за дясната теглилка). Оттук следва, че $a'_{\text{л}} = \frac{2gm_{\text{д}}}{m_{\text{д}}+8m_{\text{л}}} = 4 \text{ m/s}^2$. [1,5 т.]

Задача 3. Статика на флуиди (две независими части)



Част I а) Двете колена на тръбата образуват скачени съдове. Ако мерим височините от долния край на стълба олио, нека да означим височината на стълба вода отляво с $h_{\text{в}}$. От условието за равенство на наляганията следва, че $\rho_{\text{в}}gh_{\text{в}} = \rho_0gh_0$. [1 т.] Търсеното $\Delta h = h_0 - h_{\text{в}} = h_0 \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_{\text{в}}}\right) = 2 \text{ cm}$. [1 т.]

б) Новото ниво на водата отляво ще бъде на нивото на дупката, т.е. отляво нивото на водата спада с $d_{\text{д}}$. [0,5 т.] За да има равновесие, отдясно нивото на водата също трябва да спадне с $d_{\text{д}}$. [0,5 т.] Следователно, обемът на

изтеклата вода ще бъде $V_{\text{изт}} = d_{\text{д}}(S_{\text{л}} + S_{\text{д}}) = 9 \text{ cm}^3$. [1 т.]

Част II а) Във въздуха силата на опън T_1 на нишката е равна на силата на тежестта: $T_1 = m_{\text{к}}g$, където сме означили масата на камъка с $m_{\text{к}}$. [0,5 т.] Във водата условието за равновесие на камъка води до $T_2 + \rho_{\text{в}}V_{\text{к}}g = m_{\text{к}}g$, откъдето $V_{\text{к}} = \frac{T_1 - T_2}{\rho_{\text{в}}g}$. [1,5 т.] Накрая, в неизвестната течност $T_3 + \rho_{\text{х}}V_{\text{к}}g = m_{\text{к}}g$, откъдето $\rho_{\text{х}} = \frac{T_1 - T_3}{V_{\text{к}}g} = \frac{T_1 - T_3}{T_1 - T_2} \rho_{\text{в}}$. [2 т.]

б) След прерязването на нишката сумарната сила върху камъка е $m_{\text{к}}g - \rho_{\text{х}}V_{\text{к}}g = m_{\text{к}}a_{\text{к}}$. [1 т.] Оттук $a_{\text{к}} = g - \frac{\rho_{\text{х}}V_{\text{к}}g}{m_{\text{к}}} = \frac{gT_3}{T_1}$. [1 т.]