

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА, НАЦИОНАЛЕН КРЪГ, 22 април 2023 г.
Тема за 9. клас (трета състезателна група)
Решения и указания за оценяване

Задача 1. Динамика

а) Уравнението на движение на шайбата е

$$m_2 a = m_2 g - f_1, \quad [1 \text{ т.}]$$

където f_1 е силата на триене, която действа на шайбата. По третия принцип шайбата действа на шнура със същата по големина сила, но с противоположна посока, т. е. имаме $f_1 = T$ [0,5 т.], където T е силата на опън. Тъй като тялото с маса m_1 е неподвижно –

$$T = m_1 g = f_1, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

намираме

$$a = \left(1 - \frac{m_1}{m_2}\right) g. \quad [1 \text{ т.}]$$

б) Ще запишем уравненията на движение спрямо неподвижната макара. За тялото с маса m_1 имаме

$$m_1 a_1 = m_1 g - T. \quad [1 \text{ т.}]$$

Тъй като всяка точка от шнура се движи с ускорение a_1 нагоре спрямо неподвижната макара, а шайбата се движи с ускорение a_2 надолу спрямо шнура, ускорението на шайбата спрямо макарата е $a' = a_2 - a_1$ [1 т.]. Следователно можем да запишем

$$m_2 (a_2 - a_1) = m_2 g - f_2. \quad [1 \text{ т.}]$$

Освен това имаме $T = f_2$ [0,5 т.]. От двете уравнения намираме

$$a_1 = \frac{(m_1 - m_2)g + m_2 a_2}{m_1 + m_2}. \quad [1 \text{ т.}]$$

в) Тъй като силата на триене се определя с равенството

$$f_2 = m_1 (g - a_1), \quad [1 \text{ т.}]$$

след заместване на a_1 получаваме

$$f_2 = \frac{m_1 m_2 (2g - a_2)}{m_1 + m_2}. \quad [1,5 \text{ т.}]$$

Задача 2. Топлинни явления

A. а) Процесът на разширение е изобарен, тъй като налягането на газа е равно на атмосферното налягане [0,5 т.]. Тогава работата, извършена от газа, е

$$A' = p_0 (V - V_0). \quad [0,5 \text{ т.}]$$

От уравнението на изобарния процес

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T}, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

намираме

$$V = \frac{T}{T_0} V_0. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Тогава получаваме

$$A' = \frac{p_0 V_0}{T_0} (T - T_0) \approx 4,1 \text{ J}. \quad [1 \text{ т.}]$$

б) От първия принцип на термодинамиката имаме

$$\Delta U = Q - A', \quad [0,5 \text{ т.}]$$

при което намираме

$$Q = \left(c + \frac{p_0 V_0}{T_0} \right) (T - T_0) \approx 14,5 \text{ J}. \quad [1 \text{ т.}]$$

Б. Количеството топлина Q_1 , необходимо за изпаряване на маса m_1 течен азот при температура на кипене, е

$$Q_1 = r m_1, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

а количеството топлина Q_2 , необходимо за стопяване на лед с маса m , е

$$Q_2 = \lambda m. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Като отчетем, че

$$Q_1 = q_1 \tau_1 = k(t_0 - t_1) \tau_1, \quad [1 \text{ т.}]$$

$$Q_2 = q_2 \tau_2 = k(t_0 - t_2) \tau_2, \quad [1 \text{ т.}]$$

и освен това

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{r m_1}{\lambda m}, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

намираме

$$r = \lambda \frac{2m}{\rho_1 V} \frac{(t_0 - t_1) \tau_1}{(t_0 - t_2) \tau_2}. \quad [1 \text{ т.}]$$

Тук е използвано, че $m_1 = \rho_1 V / 2$ [0,5 т.]. Като отчетем стойностите на физичните величини, намираме

$$r \approx 1,9 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Задача 3. Електрическа верига

а) Избираме тока I през резистора да е насочен от положителния към отрицателния полюс на източниците, а токовете I_1 и I_2 от отрицателния към положителния им полюс съответно [1 т.]. Тогава от запазването на електричния заряд имаме

$$I = I_1 + I_2. \quad [1 \text{ т.}]$$

От друга страна напрежението върху резистора е

$$IR = \mathcal{E}_1 - I_1 r_1 = \mathcal{E}_2 - I_2 r_2. \quad [1 \text{ т.}]$$

Като заместим тока I от първото във второто равенство, имаме

$$I_1 + I_2 = \frac{\mathcal{E}_1}{R} - I_1 \frac{r_1}{R} = \frac{\mathcal{E}_2}{R} - I_2 \frac{r_2}{R}, \quad [1 \text{ т.}]$$

$$I_1 r_1 - I_2 r_2 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2. \quad [1 \text{ т.}]$$

От тези равенства намираме

$$I_1 = \frac{R}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2} \left[(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2) + \mathcal{E}_1 \frac{r_2}{R} \right] \approx 1,05 \text{ A}, \quad [1 \text{ т.}]$$

$$I_2 = \frac{R}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2} \left[\mathcal{E}_2 \frac{r_1}{R} - (\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2) \right] \approx -0,87 \text{ A}. \quad [1 \text{ т.}]$$

Полученият резултат показва, че $I_1 > 0$, т. е. посоката на I_1 е правилно избрана, докато токът $I_2 < 0$, което означава, че действителната посока на тока I_2 е противоположна на избраната [0,5 т.]. Следователно

$$I_2 = \frac{R}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2} \left[(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2) - \mathcal{E}_2 \frac{r_1}{R} \right] \approx 0,87 \text{ A}. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

б) Тъй като токът I през резистора е

$$I = I_1 - I_2 = 0,18 \text{ A}, \quad [1 \text{ т.}]$$

напрежението между краищата му е

$$U = IR = 1,8 \text{ V}. \quad [1 \text{ т.}]$$