



Творчество
и иновации

Европейска година 2009

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Национална олимпиада по физика

Областен кръг, 22 март 2009 г.

Тема за 10. – 12. клас

Решения и указания

Задача 1. Тежести, окачени на макари.

а) Тъй като тежестта с маса m_2 е окачена на подвижна макара, преместването на тежестта Δx_2 е два пъти по-малко от преместването на нишката, което пък е равно на преместването на тежестта с маса m_1 . Следователно $\Delta x_1 / \Delta x_2 = 2$ [0,5 т]. Тъй като това е вярно за всеки интервал време, отношението на скоростите $v_1 / v_2 = \frac{\Delta x_1 / \Delta t}{\Delta x_2 / \Delta t} = \Delta x_1 / \Delta x_2 = 2$ [0,5 т].

Отношението на ускоренията е $a_1 / a_2 = \frac{\Delta v_1 / \Delta t}{\Delta v_2 / \Delta t} =$

$$= \Delta v_1 / \Delta v_2 = v_1 / v_2 = 2 \text{ [1 т]} \quad (1.1).$$

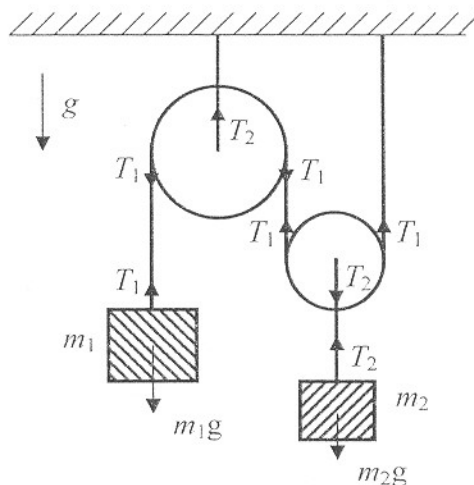
б) силите, действащи на тежестите и макарите, са нарисувани на фигурата. [2 т]

(за всяка липсваща сила се отнемат 0,2 т)

в) написваме уравненията на движение за двете тежести: $m_1 g - T_1 = m_1 a_1$ (1.3) [1 т], $T_2 - m_2 g = m_2 a_2$ [1 т] (1.4). От (1.1) следва $a_1 = 2a_2$ (1.5), а от свойствата на подвижната макара - $T_2 = 2T_1$ [1 т] (1.6) (отчитайки нулевата маса на макарите и нишките). Решавайки уравненията (1.3) – (1.6) получаваме

$$a_1 = \frac{2(2m_1 - m_2)g}{4m_1 + m_2} \text{ [1 т]} \quad (1.7), \quad a_2 = \frac{(2m_1 - m_2)g}{4m_1 + m_2} \text{ [1 т]} \quad (1.8).$$

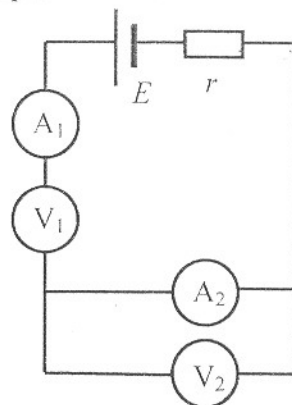
г) от (1.7) следва, че ако $2m_1 > m_2$ [0,5 т], лявата тежест ще тръгне надолу, а при $2m_1 < m_2$ - нагоре [0,5 т].



Задача 2. Електрична верига с акумулатор и измерителни прибори.

а) Нека токът през волтметъра V_1 и амперметъра A_1 бележим с I_1 , токът през амперметъра A_2 – с I_{A2} , а токът през волтметъра V_2 – с I_{V2} . От схемата се вижда, че $I_1 = I_{A2} + I_{V2}$ [1 т] (2.1). Следователно $I_{V2} = 100,0 \mu\text{A} - 99,0 \mu\text{A} = 1,0 \mu\text{A}$ [0,5 т]. Тъй като напреженията на волтметрите са пропорционални на протичащите през тях токове, то $\frac{U_{V2}}{U_{V1}} = \frac{I_{V2}}{I_1}$ [0,5 т] (2.2), откъдето

$$U_{V2} = 12,0\text{V} \cdot \frac{1,0\mu\text{A}}{100,0\mu\text{A}} = 0,12\text{ V [1 т]}.$$



б) съпротивлението на всеки от волтметрите $R_V = \frac{U_{V1}}{I_1} = [0,5 \text{ т}] \frac{12\text{ V}}{100\mu\text{A}} = 1,2 \cdot 10^5 \Omega = 120\text{ k}\Omega$

[0,5 т]. Съпротивлението на всеки от амперметрите $R_A = \frac{U_{V2}}{I_{A2}} = [0,5 \text{ т}] \frac{0,12\text{ V}}{99,0\mu\text{A}} \approx 1,2 \cdot 10^3 \Omega = 1,2\text{ k}\Omega$ [0,5 т].

в) напрежението на клемите на акумулатора е $U = U_{A1} + U_{V1} + U_{V2} = [0,5 \text{ т}] I_1 r_A + U_{V1} + U_{V2} \approx 12,2\text{ V [0,5 т]}.$

г) от закона на Ом следва, че $U = E - I_1 r$ [0,5 т] (2.3) и $U_{зар} = E + I_{зар} r$ [0,5 т] (2.4).

Изваждайки (2.3) от (2.4) получаваме $r = \frac{U_{зар} - U}{I_{зар} + I_1} = [0,5 \text{ т}] \frac{12,7\text{ V} - 12,2\text{ V}}{5,0\text{ A} + 0,0001\text{ A}} \approx 0,1\text{ }\Omega$ [0,5 т]

(2.5). Замествайки (2.5) в (2.3) получаваме $E = U + I_1 r = [0,5 \text{ т}] 12,2\text{ V} + 0,0001\text{ A} \cdot 0,1\text{ }\Omega \approx 12,2\text{ V [0,5 т]}.$ Ако от акумулатора се консумира ток 20 A, напрежението на клемите му ще бъде $U_{20\text{ A}} = E - 20\text{ A} \cdot r = [0,5 \text{ т}] 12,2\text{ V} - 20\text{ A} \cdot 0,1\text{ }\Omega = 10,2\text{ V [0,5 т]}.$

Задача 3. Измерител на мощност.

а) За началното и за крайното съпротивление имаме:

$$R_1 = R_0(1 + \alpha t_1) \quad [0,5 \text{ т}]$$

$$R_2 = R_0(1 + \alpha t_2) \quad [0,5 \text{ т}]$$

където R_0 е съпротивлението на пластинката при $0\text{ }^\circ\text{C}$. Разделяме двете уравнения почленно:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{(1 + \alpha t_2)}{(1 + \alpha t_1)},$$

откъдето намираме крайната температура на пластинката:

$$t_2 = t_1 \frac{R_2}{R_1} + \frac{(R_2 - R_1)}{\alpha R_1} = 56,5\text{ }^\circ\text{C}. \quad [1,0 \text{ т}]$$

Забележка: Допуска се и решение, при което се използва приблизителното равенство

$$R_2 = R_1(1 + \alpha(t_2 - t_1)), \text{ при което крайният отговор е } t_2 = t_1 + \frac{(R_2 - R_1)}{\alpha R_1} = 54,5\text{ }^\circ\text{C}.$$

б) За време t пластинката излъчва през двете си основи количество топлина:

$$Q_{изл} = \sigma T_2^4 (2L^2)t \quad [1,0 \text{ т}]$$

и поглъща енергия от лазера и от топлинното излъчване на околната среда:

$$Q_{пог} = Pt + \sigma T_1^4 (2L^2)t \quad [1,0 \text{ т}]$$

където $T_1 = 293 \text{ K}$ и $T_2 = 329,5 \text{ K}$ са абсолютните температури на пластинката съответно преди и след облъчването. Максимална температура се достига, когато

$$Q_{изл} = Q_{пог}$$

Оттук намираме мощността на лазера:

$$P = 2\sigma L^2 (T_2^4 - T_1^4) = 0,0125 \text{ W} \quad [1,0 \text{ т}]$$

Забележка: При приблизителния метод на пресмятане на температурата в т. а), числената стойност за мощността е $0,0117 \text{ W}$, която също се приема за верен отговор.

в) За време $t = 1 \text{ s}$ лазерът излъчва енергия:

$$E = Pt \quad [0,5 \text{ т}]$$

Ако N е броят на излъчените фотони, а ν – тяхната честота,

$$E = Nh\nu \quad [1,0 \text{ т}]$$

Взимаме предвид, че:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad [0,5 \text{ т}]$$

и намираме:

$$N = \frac{P\lambda t}{hc} = 3,14 \cdot 10^{16} \text{ фотона.} \quad [1,0 \text{ т}]$$

Забележка: При приблизителния метод на пресмятане на температурата в т. а), числената стойност е $N = 2,94 \cdot 10^{16}$ фотона, която също се приема за верен отговор.

г) За време τ пластинката ще изгуби такова количество топлина Q , каквото би получила от лазера за същото време:

$$Q = P\tau. \quad [0,5 \text{ т}]$$

Като вземем предвид, че:

$$Q = mC_{Au} \Delta t \quad [0,5 \text{ т}]$$

и

$$m = \rho L^2 d,$$

получаваме:

$$\tau = \frac{\rho L^2 d C_{Au} \Delta t}{P} \approx 0,089 \text{ s} \quad [1,0 \text{ т}]$$

Забележка: При приблизителния метод на пресмятане на температурата в т. а), числената стойност е $\tau = 0,095 \text{ s}$, която също се приема за верен отговор.