

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр 3-043

(заполняется секретарём)

Вариант 09-04

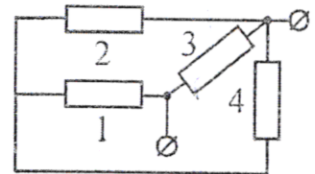
1 Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за $\tau_1 = 1$ с, а второй - за $\tau_2 = 1,5$ с. Длина каждого вагона $L = 12$ м. Через какое время T после начала наблюдения поезд остановился? В процессе торможения поезд движется по прямой равнозамедленно.

2 Начальная скорость камня, брошенного под углом к горизонту, равна $V_0 = 10$ м/с, а через $\tau = 0,5$ с величина скорости камня уменьшилась до $V = 7$ м/с. Найдите максимальную высоту H полета камня. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3 На нити подвешен шарик. Шарик отводят в сторону так, что нить принимает горизонтальное положение, и отпускают. Какой угол α образует нить с вертикалью в тот момент, когда ускорение шарика направлено горизонтально?

4 В калориметр, содержащий $m_1 = 2$ кг льда при температуре $t_1 = -5$ °С, добавили $m_2 = 200$ г воды при температуре $t_2 = +5$ °С. Определите массу m льда в калориметре после установления равновесия. Удельные теплоемкости льда $c_1 = 2100$ Дж/(кг·К), воды $c_2 = 4200$ Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг.

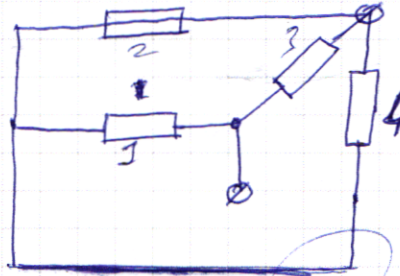
5 Цепь, схема которой показана на рисунке, подключена к источнику постоянного напряжения. Сопротивления всех резисторов равны. На резисторе 1 рассеивается мощность $P_1 = 10$ Вт. Найдите мощность P , рассеиваемую на всей цепи.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$R \text{ const, } U$
 $P_3 = \frac{U_3^2}{R} = 30 \text{ Вт}$

$P = ?$



$3R \cdot R$

3 ч. 3, 2, 1 - параллельно

$R_{\text{in}} = \frac{3R}{4}$

$U_3 = \frac{U}{3}$

$P_{\text{in}} = \left(\frac{U}{3}\right)^2 \cdot \frac{1}{R_{\text{in}}} = \frac{U^2 \cdot 4R}{9 \cdot 3R}$

$\frac{U^2}{9R} = 30$

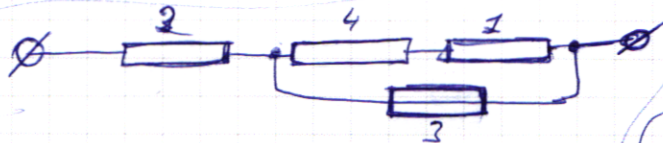
$\frac{U^2}{R} = 90$

$\frac{4}{27} U$

$I = \frac{U}{R}$

$U_3 = U_4 + U_1$

$I_2 = \frac{U_3}{2R} + \frac{U_3}{R}$
 $I_2 = I_4 + I_3$
 $U_2 = U$



$\frac{2R \cdot R}{3R} = \frac{2R}{3}$

$R = R + \frac{2R}{3} = \frac{5R}{3}$

$U_2 =$
 $U = U_2 + U_{3,4}$

$U_3 = 2U_4$

$I_4 = I$

$I_3 = 2I$

$U_4 = U_3$
 $I_4 = I$
 $R_4 = R_3$

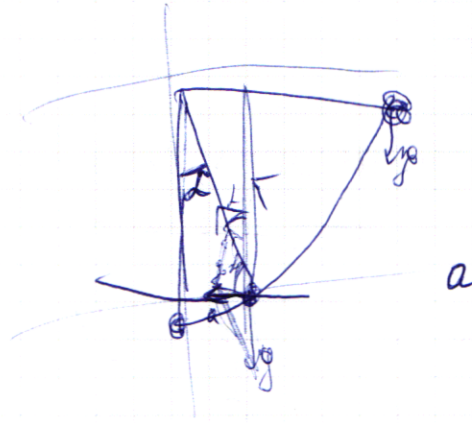
$U_3 = 2U_4$

$I_{3,4} = \frac{2U_4 \cdot 3}{2R} = \frac{3U_4}{R} = \frac{U_2}{R}$

$U_2 = 3U_4$

$U = U_2 + U_3 = 3U_4 + 2U_4 = 5U_4$

$P = \frac{U^2}{R_{\text{in}}} = \frac{3U^2}{5R} = \frac{3 \cdot 90}{5} = \frac{270}{5} = 54 \text{ Вт}$



$$T \sin \alpha = mg \quad mg =$$

$$\vec{F} \vec{a} = \sqrt{T^2 + (mg)^2} - 2mgT \cos \alpha$$

$$m a = \sqrt{T^2 + T^2 \sin^2 \alpha} - 2T^2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$a = \frac{T \sqrt{(1 + \sin^2 \alpha) - 2 \sin \alpha \cos \alpha}}{m}$$

$$a =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$1. \begin{cases} L = 12 \text{ м} \\ \tau_1 = 1 \text{ с} \\ \tau_2 = 1,5 \text{ с} \\ T = ? \end{cases} \quad T = \frac{v_0}{a}$$

пусть a - ^{тормозное} ускорение поезда

v_0 - начальная скорость поезда
 во время начала наблюдения

$$S = v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

$$\begin{cases} 12 = v_0 \tau_1 - \frac{a \tau_1^2}{2} \\ 12 = (v_0 - a \tau_1) \tau_2 - \frac{a \tau_2^2}{2} \end{cases}$$

в течение τ_1 , скорость поезда уменьшится до $v_0 - a \tau_1$

по этому начальная скорость v_0 когда Π возгон проехал перед рельсовым равно $v_0 - a \tau_1$

В левые стороны уравн. равнее, следует

$$v_0 \tau_1 - \frac{a \tau_1^2}{2} = (v_0 - a \tau_1) \tau_2 - \frac{a \tau_2^2}{2}$$

$$\frac{v_0}{2} = \frac{3}{2} a + \frac{9}{2} a - \frac{a}{2} \quad v_0 = 3a + \frac{9}{2} a - a$$

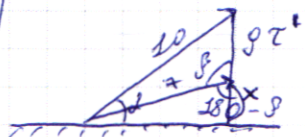
$$v_0 = 4,25a \quad T = \frac{v_0}{a} \text{ следует}$$

$$\text{ответ. } T = 4,25 \text{ с}$$

$$2. \begin{cases} v_0 = 10 \text{ м/с} \\ v = 7 \text{ м/с} \\ \tau = 0,5 \text{ с} \\ g = 10 \text{ м/с}^2 \end{cases}$$

$$H_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{100 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot 10} = 5 \sin^2 \alpha$$

с горизонталью
 α - угол по которому был брошен камень. β - угол между v и $g\tau$



скорости вектор v_0 меняется из за ускорения g , следовательно

~~Можно~~

$$10^2 = 7^2 + 5^2 - 2 \cdot 7 \cdot 5 \cos \beta \quad (\text{теорема косинусов})$$

$$\cos \beta = -\frac{26}{70}$$

$$\cos(180 - \beta) = -\cos \beta = \frac{26}{70}$$

$$\sin \alpha = \frac{g\tau + x}{v_0} = \frac{5 + x}{10}$$

$$\frac{x}{v} = \cos(180 - \beta)$$

$$x = 7 \cdot \frac{26}{70} = 2,6$$

$$H_{\max} = (0,76)^2 \cdot 5 = 2,88$$

ответ 2,88 м

$$\sin \alpha = \frac{5 + 2,6}{10} = 0,76$$

4. $m_1 = 2 \text{ кг}$
 $t_1 = -5^\circ \text{C}$ лёд
 $m_2 = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$
 $t_2 = +5^\circ \text{C}$
 $c_1 = 2300 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$
 $c_2 = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$
 $\lambda = 3,3 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$

$m = ?$

$x < 0,2 \text{ кг}$
 x - это масса воды которой ~~...~~, охлади-
 лась и
 стала льдом.
 после установ. равновесия температура
 $t = 0^\circ$, следовательно

$$m_2 c_2 \cdot 5 + x \cdot \lambda = m_1 \cdot c_1 \cdot 5$$

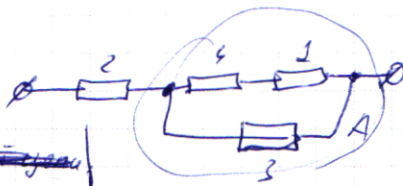
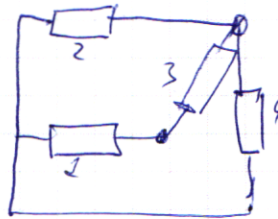
$$x \lambda = 16800 \text{ Дж}$$

$$x = 0,05 \text{ кг}$$

$$m = m_1 + 0,05 = 2,05 \text{ кг}$$

ответ - 2,05 кг льда.

5. ~~const~~
 $P_1 = \frac{U_1^2}{R} = 10 \text{ Вт}$
 $R = ?$



резисторы R - это сопр. ~~...~~
 в каждом из
 резистора

1, 2, 3 резисторы это резисторы A

$$R_{\text{об}} = R + \frac{2R}{3} = \frac{5}{3} R$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$$

$$U_3 = 2U_4$$

$$U_4 = U_2 \quad U_3 = 2U_1$$

$$I_4 = I_2 \quad I_3 = I_1$$

$$R_4 = R_2$$

$$\frac{3U}{R} = \frac{U_2}{R}$$

$$U_2 = 3U_1$$

$$U = U_2 + U_3 = 3U_1 + 2U_1 = 5U_1$$

$$P = \frac{U_1^2}{R_{\text{об}}} = \frac{3U_1^2}{\frac{5}{3}R} = \frac{3 \cdot 25U_1^2}{5R} = \frac{15U_1^2}{R} =$$

$$= 15 \cdot 10 = 150 \text{ Вт}$$

или 150 Вт .

$T \sin \alpha = mg$

$$\vec{m}a = \sqrt{T^2 + (mg)^2} - 2mgT \cos \alpha$$

$$m a = \sqrt{T^2 + T^2 \sin^2 \alpha - 2T^2 \sin \alpha \cos \alpha}$$

$$m a = \sqrt{T^2 (1 + \sin^2 \alpha - 2 \sin \alpha \cos \alpha)} \rightarrow m a = T \sqrt{1 + \sin^2 \alpha - 2 \sin \alpha \cos \alpha}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$1) \quad L = 525$$

$$\tau_1 = 1 \text{ ч}$$

$$\tau_2 = 1,5 \text{ ч}$$

$$v=0$$

$$T = ?$$

$$V_0$$

$$L = V_0 \tau - \frac{a \tau^2}{2}$$

$$a \tau^2 - 2V_0 \tau + 2L = 0$$

$$D = V_0^2 - 2aL$$

$$\tau = V_0 + \sqrt{\dots}$$

$$\begin{cases} 12 = V_0 - \frac{a}{2} \\ 12 = (V_{01} - a) \cdot 1,5 - \frac{a \cdot 2,25}{2} \end{cases}$$

$$12 = V_{01} \tau_1$$

$$\begin{cases} 12 = V_{01} \tau_1 - \frac{a \tau_1^2}{2} \\ 24 = V_{01} \tau_2 - \frac{a \tau_2^2}{2} \end{cases}$$

$$V_{01}, V_{02} = V_{01} - a \cdot \tau_1$$

$$(\tau_2 = \tau_1 + \tau_2) \quad 1,5^2 = 2,25$$

$$(2,5)^2 = 6,25$$

$$V_{01} - \frac{a}{2} = (V_{01} - a) \cdot 1,5 - \frac{a \cdot 2,25}{2}$$

$$\begin{cases} 12 = V_0 \tau_1 - \frac{V_0 \tau_1^2}{2T} \\ 24 = V_0 \tau_2 - \frac{V_0 \tau_2^2}{T \cdot 2} \end{cases}$$

$$12 = V_0(\tau_2 - \tau_1)$$

$$12 = V_0 \tau_2 - V_0 \tau_1 - \frac{V_0 \tau_1^2}{2T} + \frac{V_0 \tau_2^2}{2T}$$

$$12 = V_0 \tau_2 - \frac{V_0 \tau_1^2}{2T}$$
~~12 = V_0 \tau_2 - \frac{V_0 \tau_1^2}{2T}~~

$$\begin{cases} 12 = V_{01} - \frac{a}{2} \\ 24 = V_{01} \cdot 1,5 - \frac{6,25a}{2} \end{cases}$$

$$12 = 1,5V_{01} - \frac{5,25a}{2}$$

$$2,25 \cdot 12 = 2,25V_{01} - \frac{2,25a}{2}$$

$$12 = (V_{01} - a) \cdot 1,5 - \frac{2,25a}{2}$$

$$24 + 5,25a = 3V_{01}$$

$$V_{01} = 1,75a + 8$$

$$\frac{525}{3} \cdot \frac{1}{100} =$$

$$1,75$$

$$12 \cdot (2,25 - 1) = 2,25V_{01} - 1,5V_{01} + 1,5a$$

$$12 \cdot 1,25 = 0,75V_{01} + 1,5a$$

$$15 = 0,75V_{01} + 1,5a$$

$$- \frac{6,25a}{2} + \frac{a}{2} = \frac{-5,25a}{2}$$

$$15 = (2,5)^2 =$$

$$225/3$$

$$12 = V_0 \tau_2 - \frac{V_0}{2T}$$

~~Воробей~~
a

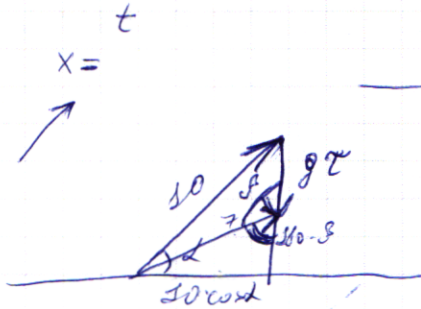
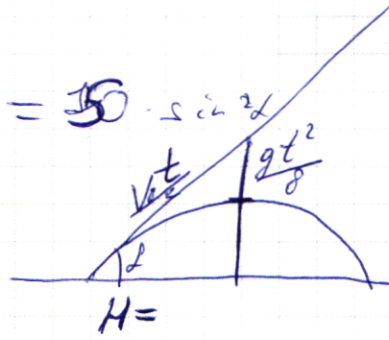
2. $V_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 0,5 \text{ рад}$
 $v = 7 \text{ м/с}$
 g

H = ?

$$H = \frac{V_0^2}{g} \sin^2 \alpha = 50 \cdot \sin^2 \alpha$$

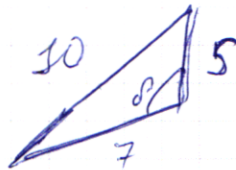
$$t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$



$$\frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\frac{10 \cos \alpha}{g} = \sin(\alpha - \beta) = \sin \beta$$



$$100 = 49 + 25 - 2 \cdot 7 \cdot 5 \cdot \cos \beta$$

$$100 - 74 = -70 \cos \beta$$

$$\cos \beta = -\frac{26}{70}$$

$$\cos(180 - \beta) = -\cos \beta = \frac{26}{70}$$



$$\sin \alpha = \frac{gt + x}{10}$$

$$\frac{x}{7} = \cos(180 - \beta)$$

x =

$$x = 7 \cdot \frac{26}{70} = 2,6$$

$$\sin \alpha = \frac{5 + 2,6}{10} = \frac{7,6}{10} = 0,76$$

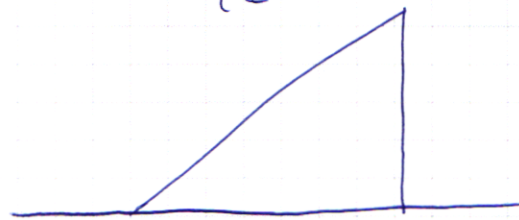
$$5 \cdot 0,76^2 = 2,888$$

$$y = v \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

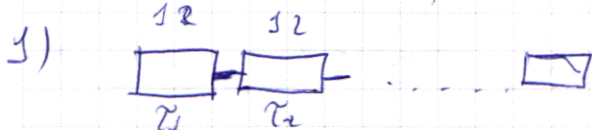
$$H = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$v \sin \alpha t = \frac{gt^2}{2}$$

~~Продолжение~~



~~Продолжение~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
 $2, V, 1, V, 4V,$


$$+ \begin{cases} 12 = V_0 \tau_1 - \frac{a \tau_1^2}{2} \\ 12 = (V_0 - \tau_1 a) \tau_2 - \frac{a \tau_2^2}{2} \end{cases}$$

$$V_0 \tau_1 - \frac{a \tau_1^2}{2} =$$

$$24 = \frac{V_0 \tau_1}{2} - \frac{a \tau_1^2}{2} + V_0 \tau_2 - \tau_1 \tau_2 a - \frac{a \tau_2^2}{2}$$

$$24 = V_0 \cdot (\tau_1 + \tau_2) - a \left(\frac{\tau_1^2}{2} + \frac{\tau_2^2}{2} + \tau_1 \tau_2 \right)$$

$$V_0 (\tau_1 + \tau_2) - a \frac{(\tau_1 + \tau_2)^2}{2}$$

$$\tau_3 = \tau_1 + \tau_2$$

$$24 = V_0 \tau_3 - \frac{a \tau_3^2}{2}$$

$$V_0 \tau_3 = 24 + \frac{a \tau_3^2}{2}$$

~~$$2,5 V_0 = 24 + \frac{a \cdot 6,25}{2}$$~~

~~$$V_0 = \frac{24 \cdot 2}{5} +$$~~

$$2 V_0 \tau_3 =$$

~~$$\Phi =$$~~
$$T = \frac{V_0}{a}$$

$$S = vt - \frac{at^2}{2}$$

$$12 = V_0$$

$$\begin{cases} 12 = V_0 \cdot 1 - \frac{a \cdot 1^2}{2} \\ 12 = (V_0 - a \cdot 1) \cdot 1,5 - \frac{a (1,5)^2}{2} \end{cases}$$

$$V_0 - \frac{a}{2} = 1,5 V_0 - 1,5 a$$

$$V_0 - \frac{a}{2} = \frac{3}{2} V_0 - \frac{3}{2} a - \frac{9}{4} \cdot \frac{a}{2}$$

$$V_0 - \frac{3 V_0}{2} = -\frac{3}{2} a - \frac{9a}{8} + \frac{a}{2}$$

~~$$\frac{V_0}{2} = \frac{3}{2} a + \frac{9}{8} a - \frac{a}{2}$$~~
$$\frac{V_0}{2} = 2a + \frac{9}{8} a - a$$

$$V_0 = 4,25a \quad T = \frac{V_0}{a} = 4,25$$

4.

$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$t_1 = -5^\circ \text{ C} \text{ initially}$$

$$m_2 = 200 = 0,2 \text{ кг}$$

$$t_2 = +5^\circ \text{ C}$$

$$c_1 = 2100$$

$$c_2 = 4200 \quad h = 3,3 \cdot 10^5$$

$$m = ?$$

~~$$m_2 c_2 \cdot 5 = (m_1 - m) c_1 (0 + 5)$$

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t + 5) + (m_1 - m) h = m_2 \cdot c_2 \cdot 5$$

$$(m_1 - m) = \frac{m_2 c_2 (5) - m_1 c_1 (5)}{c_1 (t + 5)}$$

$$m_1 - m = 5 \frac{m_2 c_2 - m_1 c_1}{c_1}$$

$$(m_1 - m) = \frac{m_2 c_2 (5) - m_1 c_1 (t + 5)}{c_1}$$

$$t = 0^\circ$$

$$(m_1 - m) = \frac{m_2 c_2 \cdot 5 - m_1 c_1 \cdot 5}{c_1}$$

$$= \frac{5 (4200 \cdot 0,2 - 2100 \cdot 2)}{3,3 \cdot 10^5}$$~~

m_3 - вода которая
осталась в калории

~~$$m = m_1 + m_3$$~~

~~$$m_3 = m_2 - m$$~~

$$m = m_1 + m_2 - m_3$$

~~h =~~

$$m_2 \cdot c_2 \cdot 5 + (m_2 - m_3) h = m_1 \cdot c_1 \cdot 5 +$$

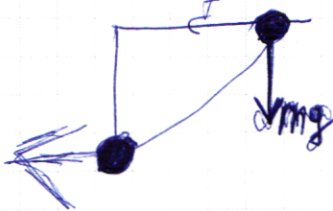
$$0,2 \cdot 4200 \cdot 5 + x h = 2 \cdot 2100 \cdot 5$$

$$x h = 16800$$

$$x = 0,05$$

$$m =$$

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (-5) =$$



$$p = \frac{u^2}{R}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР (заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

--

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)