

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр 14-015

(заполняется секретарём)

Вариант 09-03

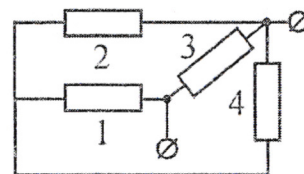
1 Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за $\tau_1 = 1$ с, а второй - за $\tau_2 = 1,5$ с. Длина каждого вагона $L = 12$ м. Найдите скорость V_0 поезда в начале наблюдения. Поезд движется по прямой равномерно.

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. Через какое время T после старта камень находился на максимальной высоте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3 Подвешенному на нити шарик сообщили начальную скорость в горизонтальном направлении. В тот момент, когда нить отклонилась на угол $\alpha = 30^\circ$ от вертикали, ускорение шарика направлено горизонтально. Какой угол α_{\max} с вертикалью будет образовывать нить в момент остановки шарика?

4 В очень легком калориметре находятся вода массой $M = 0,1$ кг и кусок льда массой $m = 0,05$ кг. Температура воды и льда $t_0 = 0^\circ\text{C}$, температура окружающей среды $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Из-за притока теплоты лед понемногу плавится - за $\tau = 5$ минут в воду превращается $m_1 = 1$ г льда. Какое время T пройдет (оценить) от момента полного плавления льда до увеличения температуры системы на $\Delta t = 1^\circ\text{C}$? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·К).

5 Цепь, схема которой показана на рисунке, подключена к источнику постоянного напряжения $U = 18$ В. Сопротивление каждого резистора равно $r = 5$ Ом. Найдите мощность P_1 , рассеиваемую на резисторе 1.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

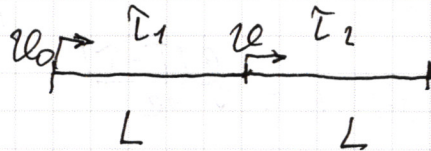
Дано:

$$\tau_1 = 10$$

$$\tau_2 = 150$$

$$L = 12 \text{ м}$$

$$v_0 = ?$$



1) Запишем уравнение для изменения скорости: $v = v_0 - a\tau_1$.

2) Для пройденного пути:

$$1. L = v_0 \tau_1 + \frac{a\tau_1^2}{2}$$

$$2. L = v \tau_2 + \frac{a\tau_2^2}{2}$$

3) Выразим a и подставим в урав. 1 и 2. \Rightarrow

$$L = v_0 \tau_1 + \frac{(v_0 - v) \cdot \tau_1}{2}; \quad L = v \tau_2 + \frac{(v_0 - v) \cdot \tau_2^2}{2\tau_1}$$

4) Выразим v - разделим, тогда получим.

$$v \cdot \frac{\tau_1}{2} = \frac{3v_0 \cdot \tau_1 - 2L}{2}; \quad v \frac{2\tau_1 \cdot \tau_2 - \tau_2^2}{2\tau_1} = L - \frac{v_0 \tau_2^2}{2\tau_1}$$

$$\Rightarrow \frac{\tau_1^2}{2\tau_1 \tau_2 - \tau_2^2} = \frac{3v_0 \tau_1^2 - 2L \cdot \tau_1}{2L \tau_1 - v_0 \tau_2^2};$$

$$2L \cdot \tau_1^3 - v_0 \tau_2^2 \cdot \tau_1^2 = 3v_0 \cdot \tau_1^3 \cdot 2\tau_2 - 3v_0 \tau_1^2 \cdot \tau_2^2 - 4L \cdot \tau_1^2 \cdot \tau_2 + 2L \cdot \tau_1 \cdot \tau_2^2$$

$$\Rightarrow v_0 = \frac{2L \cdot \tau_1 (\tau_2^2 - 2\tau_1 \tau_2 - \tau_1^2)}{2\tau_1^2 \cdot \tau_2^2 - 6\tau_1^3 \cdot \tau_2} = \frac{24 \cdot (2,25 - 2 \cdot 1,5 - 1)}{2 \cdot 1,5^2 \cdot 1 - 6 \cdot 1 \cdot 1,5}$$

$$= 9 \frac{1}{3} \text{ м/с}$$

Ответ: $9 \frac{1}{3} \text{ м/с}$

N2

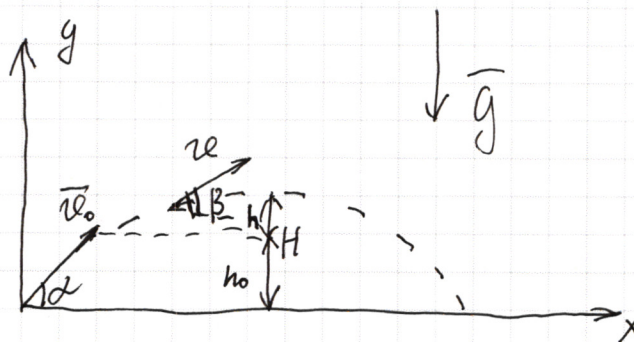
Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\tau = 0,5 \text{ с}$$

$$v = 7 \text{ м/с}$$

$$r = ?$$



1) Запишем урав. пер. дле Oy: $H = v_0 \sin \alpha \cdot T - \frac{g T^2}{2}$. (1)

2) тк ~~мы~~ достигли макс. высоты \Rightarrow ~~в этот~~ ~~момент~~ $v = 0 \Rightarrow$

$$0 = v_0 \sin \alpha - g T. \quad (2)$$

$$\Rightarrow \text{из вып. (2) } v_0 \sin \alpha = g T \Rightarrow H = \frac{g T^2}{2} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

3) $v \sin \beta = v_0 \sin \alpha - g T. \Rightarrow \sin \beta = \frac{g(T - \tau)}{v}$.

4) из вып (2) $\Rightarrow \sin \alpha = \frac{g T}{v_0}$.

5) h_0 - высота за τ ; h - высота за $(T - \tau) \Rightarrow$

$$H = h_0 + h \Rightarrow H = g T^2 + g (T - \tau)^2 = \frac{g(2T^2 + 2T\tau + \tau^2)}{2}$$

$$6) \frac{2gT + 2gT - 2g\tau - 2g\tau^2 + 2T\tau + T^2}{2} = \frac{gT^2}{2}$$

$$\underline{4gT} + \underline{2T\tau} - \underline{2g\tau} - \underline{2g\tau^2} - \underline{2T\tau} - \underline{T^2} - \underline{gT^2} = 0$$

~~$$-T^2(1+g) + 2T(2g+\tau) - 2g\tau(1+\tau) = 0$$~~

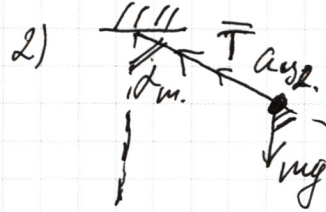
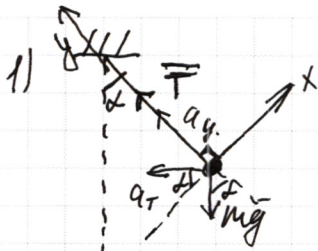
~~$$T^2(1+g) - 2T(2g+\tau) + 2g\tau(1+\tau) = 0$$~~

~~$$\Rightarrow T = \frac{2(2g-\tau) \pm \sqrt{4(2g+\tau)^2 - (1+g)(1+\tau) \cdot 8g \cdot \tau}}{2+2g} =$$~~

~~$$= \frac{40 - 1 \pm \sqrt{80 + 21^2 - [11](1+0.5) \cdot 80 \cdot 0.5}}{22} \approx$$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N3
 $\alpha = 30^\circ$
 $\alpha_m = ?$



$$1) T - mg \cdot \cos \alpha = m a_y$$

$$2) T - mg \cdot \cos \alpha_m = m (a_y + a)$$

$$mg \cdot \sin \alpha = m \cdot a \cdot \cos \alpha$$

$$\Rightarrow T = m(g \cdot \cos \alpha + a_y)$$

$$3) g \cdot \cos \alpha + a_y = g \cdot \cos \alpha_m + a_y + a$$

$$T = m(g \cdot \cos \alpha_m + a_y + a)$$

$$g \cdot \sin \alpha = a \cdot \cos \alpha$$

$$g \sin \alpha = a \cdot \cos \alpha$$

$$\Rightarrow g(\cos \alpha - \cos \alpha_m) = a$$

$$\Rightarrow \cos \alpha - \cos \alpha_m = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\frac{g \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} = a$$

$$\Rightarrow \cos \alpha_m = \frac{\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} = \frac{1 - \sqrt{3}}{2} = \frac{1 - \frac{2\sqrt{3}}{4}}{\frac{2}{4}} =$$

$$\frac{1 - \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{1 - \frac{2\sqrt{3}}{4}}{\frac{2}{4}} =$$

$$= \frac{1 - 2\sqrt{3}}{2} = \cos \alpha_m$$

Ответ: $\cos \alpha_m = \frac{1 - 2\sqrt{3}}{2}$

N4

$$M = 0,1 \text{ кг}$$

$$m = 0,05 \text{ кг}$$

$$t_0 = 0^\circ \text{C}$$

$$t_1 = 20^\circ \text{C}$$

$$\tau = 5 \text{ с}; m_1 = 1 \text{ г}$$

1) $m \cdot k \cdot M = 0,5$, и за 5 мин travels 0,001 км along

$\Rightarrow \tau_0 = 125 \text{ мин}$ - travels весь along.

$$2) P \tau = Q \Rightarrow 1 \cdot 4 \text{ м} = P \cdot \tau_0$$

$$Q_0 (M + m) \Delta t = P \cdot \tau_2$$

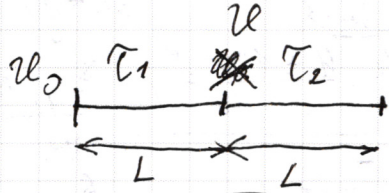
$$\Rightarrow \tau_c = \frac{4200 \cdot 0,15 \cdot 1 \cdot 125 \cdot 60}{330000 \cdot 0,05} = \frac{42 \cdot 125 \cdot 6 \cdot 10^3}{330 \cdot 5} \approx 40 \text{ мин}$$

²⁵
110
22

Ответ: 40 мин.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1
 $\tau_1 = 1c$
 $\tau_2 = 1,5c$
 $L = 12ч$
 $v_0 = ?$



1) $L = v_0 \tau_1 + \frac{a \tau_1^2}{2}$
 $L = v \tau_2 + \frac{a \tau_2^2}{2}$
 $v = v_0 - a \tau_1$

$\frac{m}{c} \cdot c^2 = mc$
 $\frac{m}{c} \cdot c^4 = mc^3$

2) $\Rightarrow a = \frac{v_0 - v}{\tau_1}$

3) $L = v \tau_2 + \frac{a \tau_2^2}{2}$

4) $L = v_0 \tau_1 + \frac{(v_0 - v) \cdot \tau_1^2}{2}$
 $L = 2v_0 \tau_1 + v_0 \tau_1 - v \tau_1$

$L = v \tau_2 + \frac{(v_0 - v) \cdot \tau_2^2}{2 \tau_1}$
 $L = \frac{2v \tau_1 \tau_2 + v_0 \tau_2^2 - v \tau_2^2}{2 \tau_1}$

$v \tau_1 = \frac{2v_0 \tau_1 + v_0 \tau_1 - 2L}{2}$

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

5) $\frac{v \tau_1}{2} = \frac{2v_0 \tau_1 + v_0 \tau_1 - 2L}{2}$
 $\frac{v (2 \tau_1 \tau_2 - \tau_2^2)}{2 \tau_1} = \frac{2v_0 \tau_1 + v_0 \tau_1 - 2L}{2}$

6) $\frac{v \tau_1^2}{2 (2 \tau_1 \tau_2 - \tau_2^2)} = \frac{2L \tau_1 - v_0 \tau_2^2}{2 \tau_1}$
 $\frac{v \tau_1^2}{2 (2 \tau_1 \tau_2 - \tau_2^2)} = \frac{2L \tau_1^3 - v_0 \tau_2^2 \tau_1^2}{2L \tau_1^2 - v_0 \tau_2^2 \tau_1}$

$2L \tau_1^3 - v_0 \tau_2^2 \tau_1^2 = 3v_0 \tau_1^3 \cdot 2 \tau_2 - 3v_0 \tau_1^2 \cdot \tau_2^2 - 4L \tau_1^2 \tau_2 + 2L \tau_1 \tau_2^2$

$v_0 (3 \tau_1^2 \cdot \tau_2^2 - \tau_2^2 \cdot \tau_1^2 - 6 \tau_1^3 \cdot \tau_2) = 2L \tau_1 \tau_2^2 - 4L \tau_1^2 \tau_2 - 2L \tau_1^3$

$v_0 = \frac{2L \tau_1 (\tau_2^2 - 2 \tau_1 \tau_2 - \tau_1^2)}{(2 \tau_1^2 \tau_2^2 - 6 \tau_1^3 \tau_2)}$
 $\frac{2 \cdot 12 \cdot 1 (1,5^2 - 2 \cdot 1 \cdot 1,5 - 1)}{2 \cdot 1,5^2 \cdot 1 - 6 \cdot 1 \cdot 1,5}$

$= \frac{24(2,25 - 3 - 1)}{1,5 \cdot 9} = \frac{24(1 + 3 - 2,25)}{9 - 4,5} =$

$= \frac{24 \cdot 1,75}{4,5} = \frac{24 \cdot 1,75}{4,5} = \frac{m \cdot c^3}{c^4} = \frac{m}{c}$

Handwritten calculations:
 $\begin{matrix} 4,00 \\ -2,25 \\ \hline 1,75 \end{matrix}$
 $\begin{matrix} 1,75 \\ \times 2 \\ \hline 3,50 \end{matrix}$
 $\begin{matrix} 1,75 \\ \times 6 \\ \hline 10,50 \end{matrix}$

$$\frac{24 \cdot 175}{150} = \frac{8 \cdot 35}{50} = \frac{8 \cdot 7}{5 \cdot 8} = \frac{28}{5} = 9 \frac{1}{3} \text{ M/C}$$

$$\frac{24 \cdot 15}{15 \cdot 35} = \frac{24}{35}$$

$$24 \cdot \frac{3}{5}$$

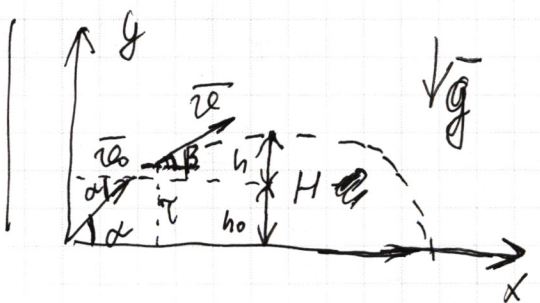
$$= \frac{(2+4-9) \cdot 29}{4} = \frac{7 \cdot 29}{4}$$

$$\frac{2 \cdot 12 \cdot 1 \left(\frac{9}{4} - \frac{2 \cdot 3}{2} - 1 \right)}{\frac{2 \cdot 9}{4} - \frac{6 \cdot 3}{2}} = \frac{24 \cdot \left(\frac{4+12-9}{4} \right)}{\frac{18 \cdot 2 - 18}{4}} = \frac{24 \cdot 4}{4} = 24$$

$$= \frac{7 \cdot 24}{4} = \frac{7 \cdot 24}{4} = 42$$

N2

$v_0 = 10 \text{ M/C}$
 $T = 0,5 \text{ C}$
 $v = 7 \text{ M/C}$
 $T = ?$



~~$H = v_0 T - \frac{g T^2}{2}$~~
 $H = v_0 \sin \alpha \cdot T - \frac{g T^2}{2} : O_y$

~~$0 = v_0 \sin \alpha - g T$~~

$v_0 \sin \alpha = g T$

$v_0 \sin \beta = v_0 \sin \alpha - g T$

$H = g T^2 - \frac{g T^2}{2}$

$H = \frac{g T^2}{2}$

$H = h_0 + h$
 $h = v_0 \sin \alpha - \frac{g T^2}{2}$
 $h_0 = v_0 \sin \beta - \frac{g (T - \tau)^2}{2}$

$\sin \beta = \frac{v_0 \sin \alpha - g T}{v_0}$

~~$h = v_0 \sin \alpha - \frac{g T^2}{2}$~~
 $0 = v_0 \sin \beta + g T - g T$
 $0 = v_0 \sin \beta + g (T - T)$

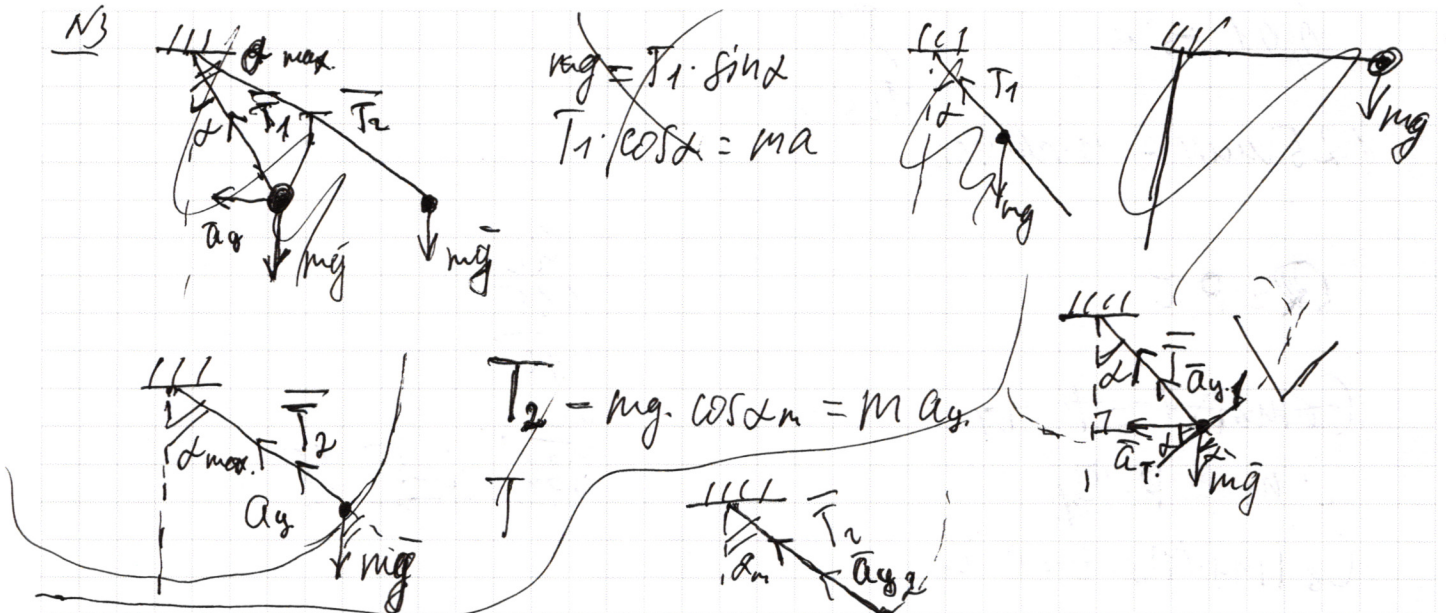
$h_0 = H = v_0 \sin \alpha + v_0 \sin \beta - \frac{g (T^2 + T^2 - 2T\tau + \tau^2)}{2}$

$T = \sqrt{\frac{2H}{g}}$, $H = v_0 \sin \alpha + v_0 \sin \beta - \frac{g}{2} (T^2 + T^2 - 2T\tau + \tau^2)$

$v_0 \sin \beta = g (T - \tau)$

$\sin \beta = \frac{g (T - \tau)}{v_0}$ $\sin \alpha = \frac{g T}{v_0}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mg = T_1 \cdot \sin \alpha$$

$$T_1 \cdot \cos \alpha = ma$$

$$T_2 - mg \cdot \cos \alpha_m = m a_{y_2}$$

$$T_2 - mg \cdot \cos \alpha_{max} = m(a_{y_2} + a_T)$$

$$T_1 - mg \cdot \cos \alpha = m(a_{y_1} + a_T)$$

$$T_2 \sin \alpha = m \cdot a_T$$

$$1) T_2 - mg \cdot \cos \alpha_m = m a_{y_2}$$

$$mg \cdot \sin \alpha = m a_T$$

$$T_2 - mg \cdot \cos \alpha = m(a_{y_2} + a_T)$$

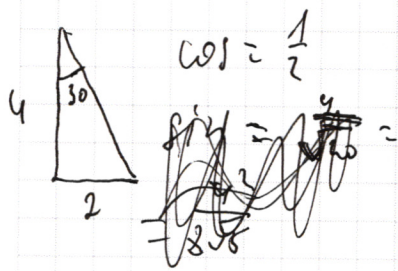
$$16 + 4 = 20 \sqrt{20}$$

$$a_T = m(g \cdot \sin \alpha - 1)$$

$$a_{y_1} = T - m(g \cdot \cos \alpha + 1)$$

$$T - mg \cdot \cos \alpha_m = m(mg \cdot \sin \alpha - 1 + T - m(g \cdot \cos \alpha + 1))$$

$$H = 2gT + g(T - 1) - \frac{g(2T^2 + 2T + 1)}{2} =$$



$$D = 4(2g + 1)^2 - (1 + g)(1 + 1) \cdot 2g \cdot 2g$$

$$T = \frac{2(2g + 1) + \sqrt{4(2g + 1)^2 - (1 + g)(1 + 1) \cdot 2g \cdot 2g}}{2 + 2g}$$

1) 0,05. ~~перем~~ $2M + C(M+M) \Delta t$

$$Q = P \tau$$

0,05

0,01 = 5 м.

~~25~~
25
125 м

125 мкм - чистовик

$$Q = P \tau$$

$$C_0 M_0 \Delta t = P \cdot \tau_1$$

$$2M = P \cdot \tau_1$$

$$C_0 (M+M) \Delta t = P \cdot \tau_2$$

$$\frac{2M}{C_0 (M+M) \Delta t} = \frac{\tau_1}{\tau_2}$$

$$\frac{330000 \cdot 0,05}{4200 \cdot 0,15 \cdot 1} = \frac{125 + 60}{\tau_2}$$

4200 · $\frac{1015}{10} \cdot 1,22$

$$\begin{array}{r} 1015 \cdot 1,22 \\ 10 \quad 122 \\ \hline 125 \\ \times 42 \\ \hline 50 \\ \hline 100 \\ \hline 1050 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 42 \\ \times 15 \\ \hline 210 \\ 42 \\ \hline 630 \cdot 125 = 15 \end{array}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

14-015

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)