

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр

(заполняется секретарём)

Вариант 09-03

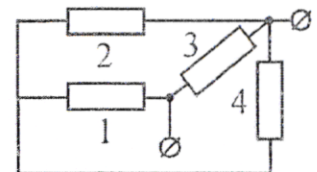
1 Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за $\tau_1 = 1$ с, а второй - за $\tau_2 = 1,5$ с. Длина каждого вагона $L = 12$ м. Найдите скорость V_0 поезда в начале наблюдения. Поезд движется по прямой равнозамедленно.

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. 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?

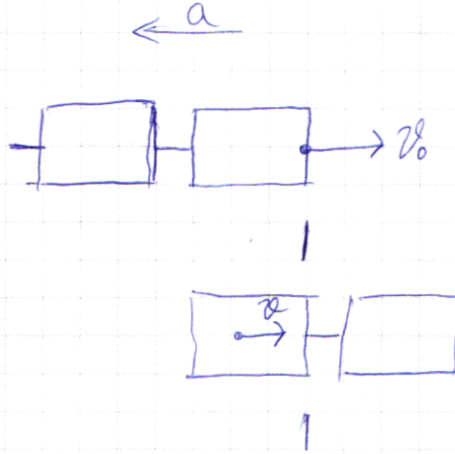
4 В очень легком калориметре находятся вода массой $M = 0,1$ кг и кусок льда массой $m = 0,05$ кг. Температура воды и льда $t_0 = 0^\circ\text{C}$, температура окружающей среды $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Из-за притока теплоты лед понемногу плавится – за $\tau = 5$ минут в воду превращается $m_1 = 1$ г 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

$$\begin{array}{l}
 1. \tau_1 = 1 \text{ с.} \\
 \tau_2 = 1,5 \text{ с} \\
 L = 12 \text{ м} \\
 \hline
 T = ?
 \end{array}$$



v_0 — начальная скорость поезда

v — скорость второго вагона, который дошёл наблюдателю.

$$\begin{cases}
 v_0 \tau_1 - \frac{a \tau_1^2}{2} = L \\
 v = v_0 - a \tau_1 \\
 v_0 \tau_2 - \frac{a \tau_2^2}{2} = L
 \end{cases}
 \Leftrightarrow
 \begin{cases}
 v_0 = \frac{L}{\tau_1} + \frac{a \tau_1}{2} \\
 v = \frac{L}{\tau_1} - \frac{a \tau_1}{2} \\
 \frac{L \tau_2}{\tau_1} - \frac{a \tau_1 \tau_2}{2} - \frac{a \tau_2^2}{2} = L \Rightarrow
 \end{cases}$$

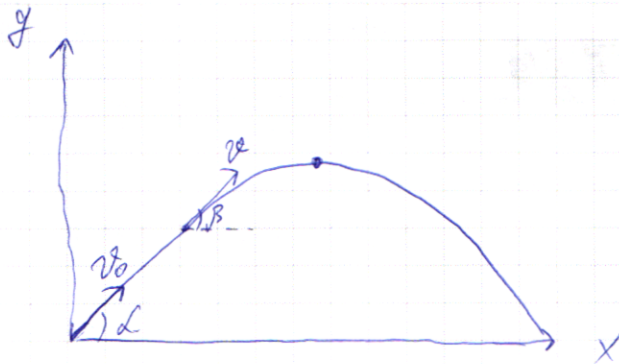
$$\Rightarrow \frac{a}{2} (\tau_1 \tau_2 + \tau_2^2) = L \left(\frac{\tau_2}{\tau_1} - 1 \right)$$

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

$$v_0 - a T = 0 \Rightarrow T = \frac{v_0}{a} = \frac{L(\tau_2^2 + 2\tau_1 \tau_2 - \tau_1^2)}{\tau_1 \tau_2 (\tau_1 + \tau_2)} \times$$

$$\begin{aligned}
 \times \frac{\tau_1 \tau_2 (\tau_1 + \tau_2)}{2L(\tau_2 - \tau_1)} &= \frac{\tau_2^2 + 2\tau_1 \tau_2 - \tau_1^2}{2(\tau_2 - \tau_1)} = \frac{1,5^2 + 2 \cdot 1,5 \cdot 1 - 1^2}{2(1,5 - 1)} = \\
 &= 4,25 \text{ с} \quad \text{Ответ } 4,25 \text{ с}
 \end{aligned}$$

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



H-?

α - начальный угол образуемый вектором \vec{v}_0 и горизонтом

β - угол образуемый вектором \vec{v} и горизонтом

$$\vec{v}_0 + \vec{g}T = \vec{v}$$

$$\begin{cases} v_0 \cos \alpha = v \cos \beta \\ v_0 \sin \alpha - gT = v \sin \beta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos \beta = \frac{v_0 \cos \alpha}{v} \\ \sin^2 \alpha = \frac{v^2 \sin^2 \beta + 2v \sin \beta gT + (gT)^2}{v_0^2} \end{cases}$$

$$\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1 \Rightarrow \cos^2 \beta = 1 - \sin^2 \beta \Rightarrow \sin^2 \beta = 1 - \cos^2 \beta$$

$$v_0 \sin \alpha - gT = v \sin \beta \Leftrightarrow (v_0 \sin \alpha - gT)^2 = (v \sin \beta)^2$$

$$v_0^2 \sin^2 \alpha + (gT)^2 - 2v_0 \sin \alpha gT = v^2 \sin^2 \beta = v^2 (1 - \cos^2 \beta)$$

$$v_0^2 \sin^2 \alpha - 2v_0 \sin \alpha gT + (gT)^2 = v^2 \left(1 - \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{v^2}\right)$$

$$v_0^2 \sin^2 \alpha - 2v_0 \sin \alpha gT + (gT)^2 = v^2 - v_0^2 (1 - \sin^2 \alpha)$$

$$v_0^2 (\sin^2 \alpha - \sin^2 \alpha) - 2v_0 \sin \alpha gT + (gT)^2 = v^2 - v_0^2$$

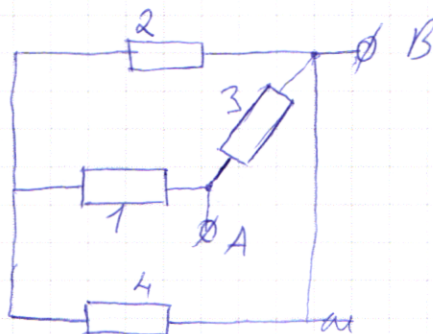
$$\sin \alpha = \frac{v^2 - v_0^2 - (gT)^2}{-2v_0 gT} = \frac{g^2 T^2 + v_0^2 - v^2}{2v_0 gT} = 0,76$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

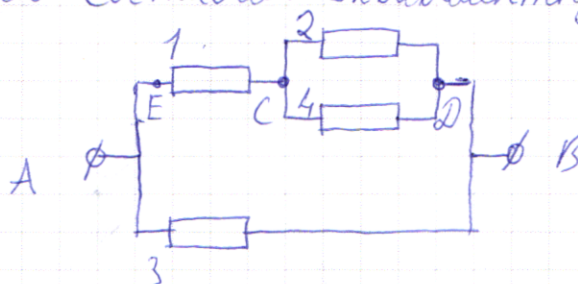
2.26 $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{100 \cdot (0,76)^2}{2 \cdot 10} = 2,888 \text{ м}$ Ответ 2,888 м

5. $P_1 = 10 \text{ Вт}$
 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$

$P_{AB} = P = ?$



На составим эквивалентную схему.



$$R_{CD} = \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}} = \frac{R_4 + R_2}{R_4 R_2}$$

$$R_{CD} = \frac{R_4 R_2}{R_4 + R_2} = \frac{R^2}{2R} = \frac{R}{2}$$

$$R_{ED} = R_{EC} + R_{CD} = R + \frac{R}{2} = \frac{3R}{2}$$

$$R_{AB} = \frac{1}{\frac{1}{R_{ED}} + \frac{1}{R_3}} = \frac{R_3 \cdot R_{ED}}{R_3 + R_{ED}} = \frac{\frac{3}{2} R^2}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} R$$

$$\begin{cases} P_1 = U_{EC} \cdot I_{EC} \\ R = \frac{U_{EC}}{I_{EC}} \end{cases} \Rightarrow P_1 = \frac{U_{EC}^2}{R}$$

$$\begin{cases} U_{EC} = R_1 \cdot I_{EC} \\ U_{CD} = R_{CD} \cdot I_{EC} \end{cases} \Rightarrow U_{EC} + U_{CD} = U_{AB} = R \cdot I_{EC} + \frac{R}{2} I_{EC} = \frac{3}{2} I_{EC} R = \frac{3}{2} U_{EC}$$

$$\begin{cases} P = U_{AB} \cdot I_{AB} \\ I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} \Rightarrow P = \frac{U_{AB}^2}{R_{AB}} \end{cases}$$

$$P = \frac{U_{AB}^2}{R_{AB}}$$

$$R_{AB} = \frac{3}{5} R$$

$$P_1 = \frac{U_{EC}^2}{R}$$

$$U_{EC} = \frac{2}{3} U_{AB}$$

$$U_{EC} = \sqrt{P_1 R}$$

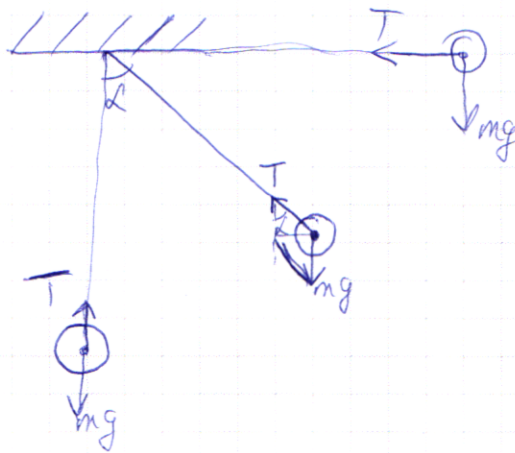
$$U P = \left(\frac{3}{2} U_{EC}\right)^2 \cdot \frac{5}{3R} = \frac{9 \cdot 5}{12} \frac{U_{EC}^2}{R} =$$

$$= \frac{45}{12} \cdot P_1 = \frac{45 \cdot 10 \text{ Вм}}{12 \cdot 2} = \frac{75 \text{ Вм}}{2} = 37,5 \text{ Вм}$$

Ответ 37,5 Вм.

3.

$\alpha = ?$



Поскогда горизонтальная составляющая меняется от T до нуля, где T напряжение нити, то в момент когда ускорение горизонтальное, то общая сила равна $\frac{T}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{T}{2} : T = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 30^\circ$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$4. \quad m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 0,200 \text{ кг} = 0,2 \text{ кг}$$

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

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

$$c_1 = 2100 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$$

$$c_2 = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$$

$$\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$$

$m = ?$

$$m_1 c_1 (t - t_1) = Q_1 \quad (t < 0)$$

$$m_2 c_2 (t_2) + m_2 \lambda + m_2 c_2 t = Q_2$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$m_1 c_1 t - m_1 c_1 t_1 = m_2 c_2 t_2 + m_2 \lambda + m_2 c_2 t$$

$$t = \frac{m_2 c_2 t_2 + m_2 \lambda + m_1 c_1 t_1}{c_1 (m_1 - m_2)} \approx 13^\circ \text{C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t \approx 0$$

$$m_1 c_1 (t - t_1) + m_1 \lambda = m_2 c_2 (t_2 - t)$$

$$Q'_1 = m_1 c_1 (t - t_1) + m_1 \lambda + m_1 c_2 (t) \quad (t > 0)$$

$$Q'_2 = m_2 c_2 (t_2 - t)$$

$$Q'_1 = Q'_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 c_1 t_1 + m_1 \lambda + m_2 c_2 t_2 = -t (m_1 c_2 + m_2 c_2)$$

$$t = \frac{m_2 c_2 t_2 - m_1 c_1 t_1 - m_1 \lambda}{m_1 c_2 + m_2 c_2} \approx -68,7^\circ \text{C} \Rightarrow t = 0$$

$$m_1 c_1 t_1 = m_2 c_2 t_2 + m_2 \lambda$$

$$m = m_1 = 2 \text{ кг}$$

Ответ 2 кг.



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

Grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



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)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)