

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр 14-007

(заполняется секретарём)

Вариант 09-03

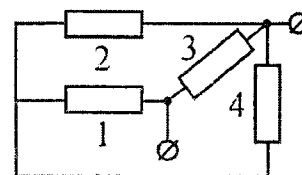
1 Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за $\tau_1 = 1$ с, а второй - за $\tau_2 = 1,5$ с. Длина каждого вагона $L = 12$ м. Найдите скорость V_0 поезда в начале наблюдения. Поезд движется по прямой равнозамедленно.

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 шарикун 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

№ 1.

Дано

$$L_1 = L_2 = L = 12 \text{ м}$$

$$\tau_1 = 1 \text{ с}$$

$$\tau_2 = 1,5 \text{ с}$$

$$v_0 = ?$$

Решение

$$1. L = v_0 t - \frac{a t^2}{2} \Rightarrow L = \tau_1 v_0 - \frac{a \cdot \tau_1^2}{2} \Rightarrow 12 = v_0 - \frac{a}{2} \quad (1)$$

~~$$2L = \tau_2 v_0 - \frac{a \tau_2^2}{2} \Rightarrow 24 = 1,5 v_0 - \frac{a}{2}$$~~

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

$$\Rightarrow 24 = 2,5 v_0 - 6,25 \frac{a}{2} \quad (2)$$

$$2. 6,25 \cdot (1) - (2) \Rightarrow 75 - 24 = 6,25 v_0 - 2,5 v_0$$

$$3,75 v_0 = 51 \Rightarrow v_0 \approx 13,6 \text{ м/с}$$

Ответ: $v_0 \approx 13,6 \text{ м/с}$.

№ 2.

Дано

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\tau = 0,5 \text{ с}$$

$$v = 7 \text{ м/с}$$

$$T(h_{\max}) = ?$$

$$(g = 10 \text{ м/с}^2)$$

Решение

1. При движении тела, брошенного под углом к горизонту, меняется только вертикальная составляющая скорости, т.е. $v_0 \sin \alpha$, где α — угол броска. Составим уравнение, исходя из условия задачи:

$$10 \sin \alpha t = 7 \sin \alpha t + 0,25 t (v_0 \sin \alpha t - v \sin \alpha t + \frac{g t^2}{2})$$

$$3 \sin \alpha = 0,25$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{12}$$

2. h_{\max} достигается в момент времени T , когда $v_0 \sin \alpha T$ совпадает с $g T^2 / 2$, т.е.

$$v_0 \sin \alpha T = g T^2 / 2$$

$$10 \cdot \frac{1}{12} T = 5 T^2$$

$$5 T = \frac{10}{12} \Rightarrow T = \frac{1}{6} \text{ с.}$$

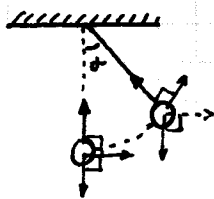
Ответ: $1/6 \text{ с.}$

№ 3.

Дано

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\alpha_{\max} = ?$$



$$a = \sqrt{a_{\text{цс}}^2 + a_n^2}$$

№ 4.

Дано

$$M_B = 0,1 \text{ м}$$

$$m_A = 0,05 \text{ м}$$

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

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

$$\tau = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}$$

$$m_1 = m_2 = 0,001 \text{ м}$$

$$\Delta t = 1^\circ \text{C}$$

$$\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Вт/м}$$

$$c = 4200 \text{ Вт/м}$$

$$T = ?$$

Решение

1. Найдём количество теплоты, соотнесённой системе за 1 с. ($Q = \lambda m$)

$$\frac{\lambda m_1}{\tau} = Q / 1 \text{ с} = \frac{3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}} \cdot 0,001 \text{ м}}{300 \text{ с}} = 1,1 \frac{\text{Вт}}{\text{с}}$$

2. Найдём необходимое количество теплоты.

$$(Q = c m \Delta t, Q = \lambda m)$$

$$Q_m = \lambda m_A + c_B (m_A + M_B) \Delta t = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Вт/м} \cdot$$

$$0,05 \text{ м} + 4200 \text{ Вт/м} \cdot (0,05 \text{ м} + 0,1 \text{ м}) \cdot 1^\circ \text{C} = 16500 \text{ Вт} +$$

$$+ 630 \text{ Вт} = 17130 \text{ Вт}$$

3. $17130 \text{ Вт} : 1,1 \frac{\text{Вт}}{\text{с}} \approx 259,7 \text{ ч.}$ Ответ: 259,7 ч.

№ 5.

$$\begin{array}{l} U = 18 \text{ В} \\ r = 5 \text{ Ом} \\ P_1 = ? \end{array}$$

$$P = IU = U^2/R = 18^2/5 = 64,8 \text{ Вт}$$

Ответ: 64,8 Вт.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$L_1 = 12 \text{ м}$
 $r_1 = 1 \text{ с}$
 $L_2 = 12 \text{ м}$
 $r_2 = 1,5 \text{ с}$
 $v_0 = ?$

$L = v_0 t - \frac{a t^2}{2}$
 $12 \text{ м} = v_0 \cdot 1 - \frac{a}{2}$ (1)
 $24 \text{ м} = 2,5 v_0 - 2,25 \frac{a}{2}$ (2)

$1,5 \cdot (1) - (2) \rightarrow 18 \cdot 12 = 1,5 \frac{a}{2} + 1,5 \cdot 2,25 \frac{a}{2}$
 $6 = 4,125 a$
 $a = 1,44 \text{ м/с}^2$

$12 \text{ м} = v_0 - \frac{a}{2} \cdot 1$
 $24 \text{ м} = 2,5 v_0 - 6,25 \frac{a}{2}$
 $51 = 15,625 v_0$

$6,25 v_0 - 2,5 v_0 = 3,75$
 $3,75 v_0 = 3,75$
 $v_0 = 1 \text{ м/с}$

$\sqrt{(v_0 \cos \alpha)^2 + (v_0 \sin \alpha)^2} = 10 \text{ м/с}$
 $(v_0 \cos \alpha)^2 + (v_0 \sin \alpha)^2 = 100$
 $(v_0 \cos \alpha)^2 + (v_0 \sin \alpha - 1,25)^2 = 49$
 $(v_0 \sin \alpha)^2 - (v_0 \sin \alpha - 1,25)^2 = 51$

$1,25 v_0 \sin \alpha + 1,5725$
 $(v_0 \cos \alpha)^2 + (v_0 \sin \alpha)^2 = 100$
 $(v_0 \sin \alpha)^2 - (v_0 \sin \alpha - 1,25)^2 = 51$
 $(v_0 \sin \alpha - v_0 \sin \alpha + 1,25)(v_0 \sin \alpha + v_0 \sin \alpha - 1,25) = 51$
 $1,25(2v_0 \sin \alpha - 1,25) = 51$
 $2,5 v_0 \sin \alpha - 1,25 = 40,8$
 $2,5 v_0 \sin \alpha = 42,05$
 $v_0 \sin \alpha = \frac{42,05}{2,5} = 16,82$

$5,25 \sin \alpha - (1,25)^2 = 51$
 $5,25 \sin \alpha = 52,5625$
 $\sin \alpha = \frac{52,5625}{5,25} = 10$

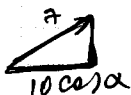
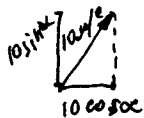
$5 \cdot 0,5^2 = 5 \cdot 0,25 = 6,25$
 $\frac{3}{6,25} = \frac{300}{625} = \frac{60}{125} = \frac{12}{25}$
 $\frac{125}{300} = \frac{25}{60} = \frac{5}{12}$
 $\frac{12}{25} = \frac{24}{50} = \frac{24}{5}$
 $\frac{24}{5} = 5 \pi^2$
 $\frac{24}{5} = 5 \pi^2 \Rightarrow \pi^2 = \frac{24}{5} \Rightarrow T = \frac{\sqrt{24}}{\sqrt{5}} = \frac{2\sqrt{6}}{\sqrt{5}}$

$v_0 \sin \alpha = 5 \pi^2$
 $\frac{24}{5} = 5 \pi^2 \Rightarrow \pi^2 = \frac{24}{5} \Rightarrow T = \frac{\sqrt{24}}{\sqrt{5}} = \frac{2\sqrt{6}}{\sqrt{5}}$

$10 \sin \alpha = 7 \sin \alpha + \frac{10 \cdot 0,5^2}{2}$
 $\frac{10}{\sin \alpha} = \frac{7}{\sin \alpha} + 6,25$
 $10 = 7 + 6,25 \sin \alpha$
 $6,25 \sin \alpha = 3$
 $\sin \alpha = \frac{12}{25}$

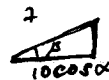
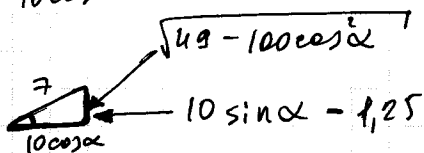
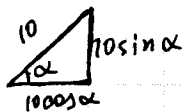
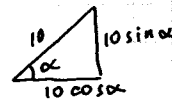
$v_0 \sin \alpha = 5 \pi^2$
 $\frac{24}{5} = 5 \pi^2 \Rightarrow \pi^2 = \frac{24}{5} \Rightarrow T = \frac{\sqrt{24}}{\sqrt{5}} = \frac{2\sqrt{6}}{\sqrt{5}}$

$10 \sin \alpha = 7 \sin \alpha + \frac{1,25^2}{2}$
 $3 \sin \alpha = 6,25$
 $3 \sin \alpha = 1,25$



$$49 - 100 \cos^2 \alpha = 2$$

~~scribble~~



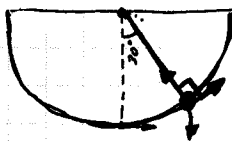
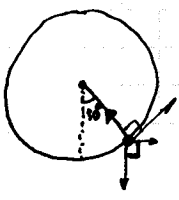
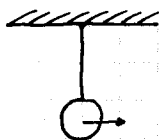
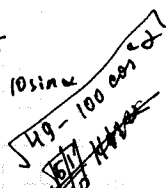
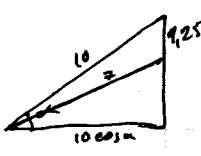
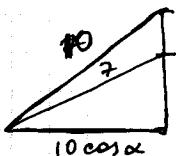
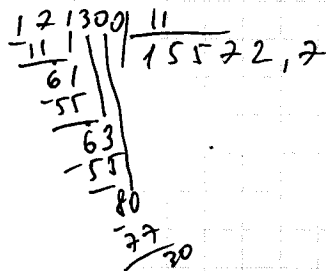
$$\sqrt{49 - 100 \cos^2 \alpha} = 10 \sin \alpha - 1,25$$

$$\frac{10}{7} \cos \alpha = \cos \beta$$

$$49 - 100 \cos^2 \alpha = 100 \sin^2 \alpha$$

$$49 - 100 \cos^2 \alpha = 100 \sin^2 \alpha - 25 \sin \alpha$$

$$\frac{10}{7} \cos \alpha (= 1 \frac{3}{2} \cos \alpha)$$



$$a = a_{nc} + a_n$$

$$a_{nc} =$$

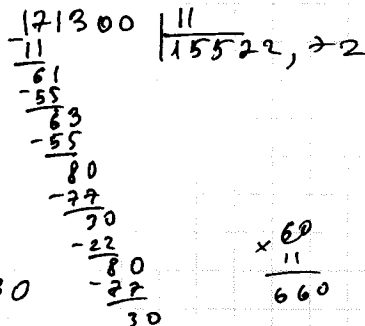
$$I = \frac{U}{R}$$

$$P = IUT = \frac{U^2}{R} t$$

$$330000 \cdot 0,05 m$$

$$\times 3300$$

$$16500$$



$$M_B = 0,1 m$$

$$m_A = 0,07 k$$

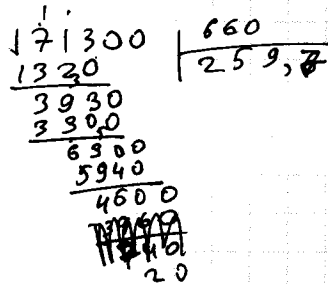
$$4200 \cdot 0,15 = 630$$

$$\begin{array}{r} 6 \\ \times 18 \\ \hline 144 \\ \times 18 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 324 \overline{) 5} \\ \underline{30} \\ 24 \\ \underline{20} \\ 40 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 42 \\ \times 15 \\ \hline 210 \\ 42 \\ \times 600 \\ \hline 5940 \end{array}$$

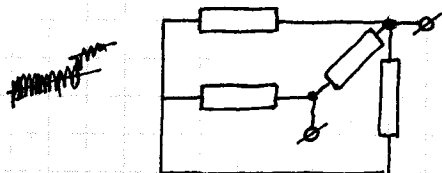
$$\begin{array}{r} 660 \\ \times 8 \\ \hline 5280 \\ 660 \\ \times 660 \\ \hline 4620 \end{array}$$



$$\times 60$$

$$\frac{11}{660}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 660 \\ \hline 3960 \end{array}$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

14-СС.4
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)



44-004

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

14-007

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)