

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр

S-028

(заполняется секретарём)

Вариант 09-04

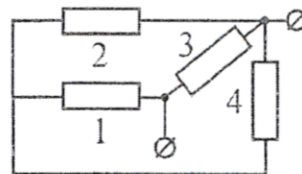
1 Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за $\tau_1 = 1$ с, а второй - за $\tau_2 = 1,5$ с. Длина каждого вагона $L = 12$ м. Через какое время T после начала наблюдения поезд остановился? В процессе торможения поезд движется по прямой равномерно.

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. 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

Дано:

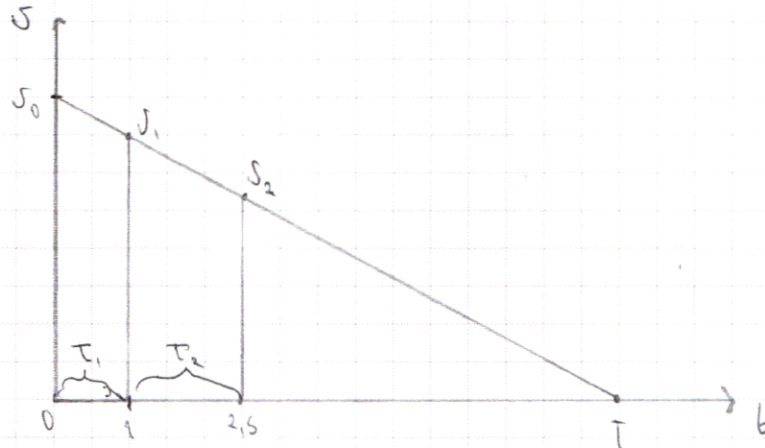
$$T_1 = 1 \text{ с}$$

$$T_2 = 1,5 \text{ с}$$

$$L = 12 \text{ м}$$

$T = ?$

№ 1
Решение:



$$v_1 = v_0 + at T_1$$

$$\frac{v_0 + v_1}{2} \cdot T_1 = L$$

$$\frac{v_0 + at T_1 + v_0}{2} \cdot T_1 = L$$

$$\frac{2v_0 + at T_1}{2} \cdot T_1 = L$$

$$\frac{2v_0 + a}{2} \cdot 1 = 12$$

$$2v_0 + a = 24$$

$$a = 24 - 2v_0$$

$$v_2 = v_0 + a(T_1 + T_2) = v_0 + (24 - 2v_0) \cdot 2,5 = v_0 + 60 - 5v_0 = 60 - 4v_0$$

$$\frac{v_0 + v_2}{2} \cdot (T_1 + T_2) = 2L$$

$$\frac{v_0 + at T_1 + \frac{60}{2} - 4v_0}{2} \cdot 2,5 = 24$$

$$\frac{24 - 5v_0 + 60 - 4v_0}{2} \cdot 2,5 = 24$$

$$\frac{84 - 9v_0}{2} \cdot 2,5 = 24$$

$$\frac{60 - 3s_0}{4 - 4s_0} = 19,2$$

$$3s_0 = 40,8$$

$$s_0 = 13,6$$

$$0 = s_0 + aT = 13,6 + T(24 - 2 \cdot 13,6) = 13,6 + T(24 - 27,2) = 13,6 - 3,2T$$

$$3,2T = 13,6$$

$$T = 4,25 \text{ (с)}$$

$$\text{Ответ: } T = 4,25 \text{ (с)}$$

N 2

Решение:

Дано:

$$s_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$T = 0,5 \text{ с}$$

$$s_1 = 7 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$h = ?$



$$s_1 = \sqrt{s_{0x}^2 + s_y^2}$$

$$s_{0x} = s_0 \cos \alpha$$

$$s_y = s_{0y} - gT$$

$$s_{0y} = s_0 \sin \alpha$$

$$s_1^2 = s_{0x}^2 + s_y^2$$

$$49 = s_0^2 \cos^2 \alpha + (s_0 \sin \alpha - gT)^2$$

$$49 = 100 \cos^2 \alpha + (10 \sin \alpha - 5)^2$$

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

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

$$49 = 100 - 100 \sin \alpha + 25$$

$$100 \sin \alpha = 76$$

$$\sin \alpha = 0,76$$

$$\text{Пусть } h = f(t), \text{ где } s_y = s_{0y} - gT = f'(t)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$f(t) = v_{oy} - g \frac{t}{2} = 0 \text{ м/с} \quad T_1 = t_{\text{ног}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$H = \int_0^{t_{\text{ног}}} (v_0 \sin \alpha - g \frac{t}{2}) dt$$

$$t_{\text{ног}} = \frac{10 \text{ м/с} \cdot 0,76}{10 \text{ м/с}^2} = 0,76 \text{ с}$$

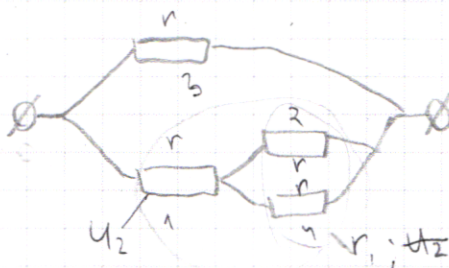
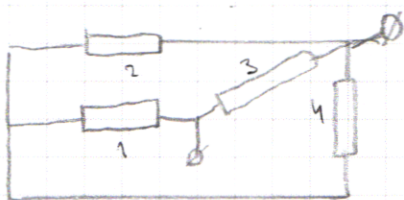
$$v_{oy} = 10 \text{ м/с} \cdot 0,76 = 7,6 \text{ м/с}$$

$$H = \int_0^{0,76} (7,6 - 10 \frac{t}{2}) dt = 7,6 T - \frac{10 T^2}{2} + C \Big|_0^{0,76} = 7,6 \cdot 0,76 - 5 \cdot 0,76^2 -$$

$$- 7,6 \cdot 0 + 5 \cdot 0 - C = 2,988 \text{ м}$$

Ответ: $H = 2,988 \text{ м}$.

№ 5



$$r_1 = \frac{r}{2} \quad r_2 = r + r_1 = \frac{3}{2}r + \frac{r}{2} = \frac{3r}{2}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r_2} = \frac{1}{r} + \frac{1}{\frac{3r}{2}} = \frac{1}{r} + \frac{2}{3r} = \frac{5}{3r} \quad ; \quad R = \frac{3r}{5}$$

$$U_1 = U \quad ; \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{r_2}{r} = \frac{\frac{3r}{2}}{\frac{3r}{2}} = \frac{r}{r} \cdot \frac{3}{3r} = \frac{2}{3}$$

$$U = U_1 = \frac{3U_2}{2}$$

$$P_1 = \frac{U_2^2}{r_2} = \frac{(3U_2/2)^2}{\frac{3r}{2}} = \frac{9U_2^2}{4} \cdot \frac{2}{3r} = \frac{3U_2^2}{2r}$$

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(3U_2/2)^2}{\frac{3r}{5}} = \frac{9U_2^2}{4} \cdot \frac{5}{3r} = \frac{15U_2^2}{4r}$$

$$\frac{P_1}{P} = \frac{\frac{3U_2^2}{2r}}{\frac{15U_2^2}{4r}} = \frac{U_2^2}{r} \cdot \frac{4r}{15U_2^2} = \frac{4}{15}$$

$$\frac{10}{P} = \frac{4}{15}$$

$$P = \frac{15 \cdot 10}{4} = 37,5 \text{ Вт}$$

Ответ: $P = 37,5 \text{ Вт}$.

№ 4

$$Q_1 = c_1 m_1 |t_1 - 0^\circ\text{C}| = 2100 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}} \cdot 2\text{м} \cdot |-5^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}| = 2100 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}} \cdot 2\text{м} \cdot 5^\circ\text{C} = 21000 \text{Вт}$$

$$Q_2 = c_2 m_2 |t_2 - 0^\circ\text{C}| = 4200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}} \cdot 0,2\text{м} \cdot |5^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}| = 4200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}} \cdot 0,2\text{м} \cdot 5^\circ\text{C} = 4200 \text{Вт}$$

Так как $Q_1 > Q_2$, то лёд не растает.

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = 21000 \text{Вт} - 4200 \text{Вт} = 16800 \text{Вт}$$

$$Q_{\text{раст.}} = \frac{\Delta Q}{2} = \frac{16800 \text{Вт}}{2} = 8400 \text{Вт}$$

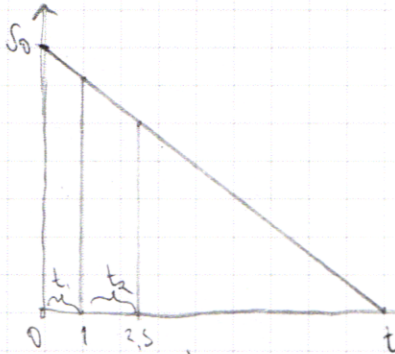
$$Q_{\text{раст.}} = \lambda \Delta m$$

$$\Delta m = \frac{Q_{\text{раст.}}}{\lambda} = \frac{8400 \text{Вт}}{330000 \text{Вт/кг}} \approx 0,0255 \text{ кг}$$

$$m = m_1 + \Delta m = 2\text{ кг} + 0,0255 \text{ кг} = 2,0255 \text{ кг}$$

Ответ: $m = 2,0255 \text{ кг}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v = v_0 + at$$

$$0 = v_0 + t(24 - v_0) = 13,6 + t(24 - 13,6) = 13,6 - 10,4t$$

$$v_1 = v_0 + at_1$$

$$\frac{v_1 + v_0}{2} \cdot t_1 = L$$

$$\frac{v_0 + at_1 + v_0}{2} \cdot t_1 = L$$

$$\frac{2v_0 + a}{2} \cdot t_1 = L$$

$$2v_0 + a = 24$$

$$a = 24 - 2v_0$$

$$v_2 = v_0 + a(t_1 + t_2) =$$

$$= v_0 + 2,5(24 - 2v_0) =$$

$$= v_0 + 60 - 5v_0 = 60 - 4v_0$$

$$\frac{60 - 4v_0 + v_0}{2} \cdot 2,5 = 24$$

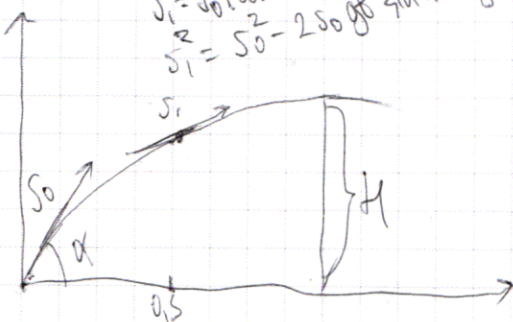
$$60 - 3v_0 = 19,2$$

$$3v_0 = 40,8$$

$$v_0 = 13,6$$

$$v_1^2 = v_0^2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) - 2v_0 g t \sin \alpha + g^2 t^2$$

$$v_1^2 = v_0^2 - 2v_0 g t \sin \alpha + g^2 t^2$$



$$v_2 = v_0 + at_2 = v_0 + at_1 + at_2 = v_0 + a(t_1 + t_2)$$

$$v_2 = v_0 + a(t_1 + t_2)$$

$$\frac{v_0 + v_2}{2} \cdot (t_1 + t_2) = 2L$$

$$\frac{v_0 + a(t_1 + t_2) + v_0}{2} \cdot (t_1 + t_2) = 2L$$

$$\frac{v_0 + 2(24 - 2v_0)}{2} \cdot 2,5 = 24$$

$$2,5(v_0 + 60 - 5v_0) = 48$$

$$60 - 3v_0 = 19,2$$

$$3v_0 = 40,8$$

$$v_0 = 13,6$$

$$10,4t = 13,6$$

$$t = \frac{13,6}{10,4}$$

$$v = v_0 + at$$

$$0 = 13,6 + t(24 - 13,6) = 13,6 - 10,4t$$

$$10,4t = 13,6$$

$$t = 1,256$$

$$v_1 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha - gt)^2}$$

$$v_1^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha - 2v_0 g t \sin \alpha + g^2 t^2$$

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_y = v_{0y} - gt$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-028

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)»

5-028

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)