

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр

(заполняется секретарём)

## Вариант 09-04

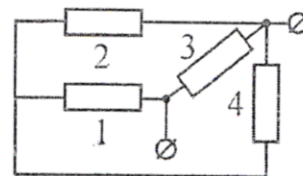
**1** Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за  $\tau_1 = 1$  с, а второй - за  $\tau_2 = 1,5$  с. Длина каждого вагона  $L = 12$  м. Через какое время  $T$  после начала наблюдения поезд остановился? В процессе торможения поезд движется по прямой равнозамедленно.

**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/с<sup>2</sup>.

**3** На нити подвешен шарик. Шарик отводят в сторону так, что нить принимает горизонтальное положение, и отпускают. Какой угол  $\alpha$  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

4

$$m_a = 2 \text{ кг}$$

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

$$m_b = 0,2 \text{ кг}$$

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

$$c_a = 2100 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$$

$$c_b = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$$

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

$$M_u - ?$$

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$m_a c_a t_a + m_b c_b t_b - m \lambda = 0$$

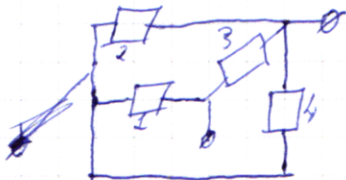
$$2,1 \cdot 10^4 - 0,2 \cdot 4200 \cdot 5 = m \lambda$$

$$m = \frac{2,1 \cdot 10^4 - 4200}{3,3 \cdot 10^5} \approx 0,05 \text{ кг}$$

$$M_u = m + m_a = 0,05 + 2 = \boxed{2,05 \text{ кг}}$$

$$m + m_a = M_u$$

5



$$P_1 = 10 \text{ Вт}$$

$$P_1 = I_1^2 R = \frac{U_1^2}{R}$$

$$U_1 = I_1 R$$

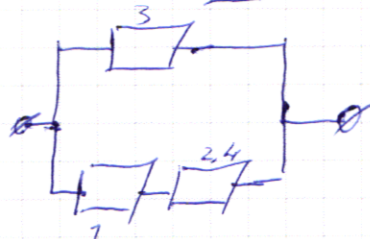
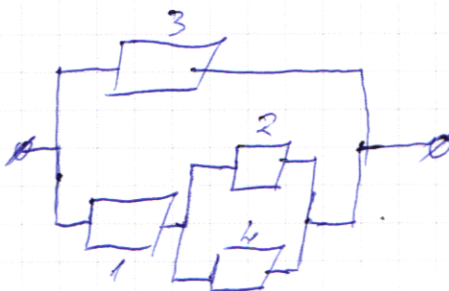
$$U_{24} = \frac{4R}{2}$$

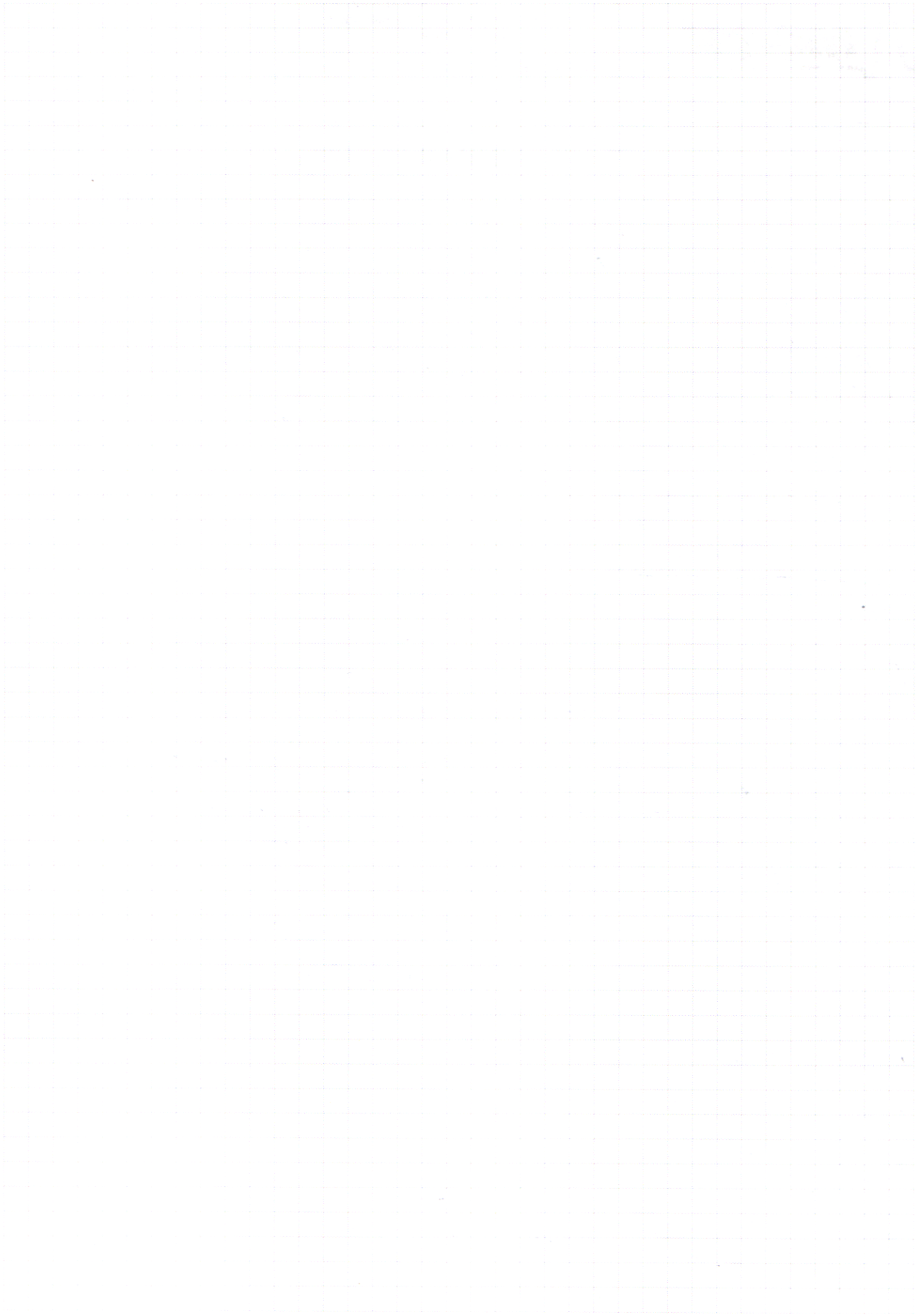
$$U = U_1 + U_{24} = \frac{3}{2} 4R$$

$$U = U_3$$

$$P_3 = \frac{U_3^2}{R} = \frac{9}{4} \frac{4^2 R^2}{R} = \frac{9}{4} \cdot 4R = \frac{9}{4} \cdot P_1 = \frac{90}{4} = \boxed{22,5 \text{ Вт}}$$

$$P_2 = P_4 = \frac{U_{24}^2}{R} = \frac{1}{4} \frac{4^2 R^2}{R} = \frac{1}{4} \cdot 4R = \frac{10}{4} = \boxed{2,5 \text{ Вт}}$$



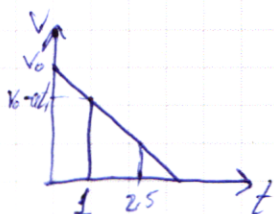
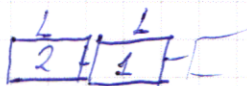


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1



$$t_1 = 1 \text{ c}$$

$$t_2 = 1,5 \text{ c}$$

$$L = 12 \text{ м}$$

$$v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} = L$$

$$(v_0 - at_1)t_2 - \frac{at_2^2}{2} = L$$

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

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

$$\left(\frac{L}{t_1} + \frac{at_1}{2} - at_1\right)t_2 - \frac{at_2^2}{2} = L$$

$$\frac{L \cdot t_2}{t_1} - \frac{at_1 t_2}{2} - \frac{at_2^2}{2} = L$$

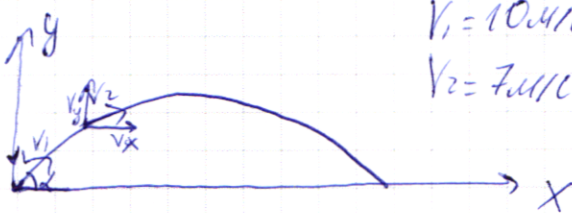
$$-a \left(\frac{t_1 t_2}{2} + \frac{t_2^2}{2}\right) = L \left(1 - \frac{t_2}{t_1}\right)$$

$$a = \frac{2L \left(\frac{t_2}{t_1} - 1\right)}{t_1 t_2 + t_2^2} = \frac{2 \cdot 12 \cdot \left(\frac{1,5}{1} - 1\right)}{1,5 + 1,5^2} = 3,2 \text{ м/с}^2$$

$$v_0 = \frac{L}{t_1} + \frac{at_1}{2} = 12 + \frac{3,2}{2} = 13,6 \text{ м/с}$$

$$t = \frac{v_0}{a} = \frac{13,6}{3,2} = \boxed{4,25 \text{ c}}$$

2



$$v_1 = 10 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 7 \text{ м/с}$$

$$t = 0,5 \text{ c}$$

$$v_x = v_1 \cos \alpha$$

$$v_y = v_1 \sin \alpha - gt$$

$$\sqrt{v_x^2 + v_y^2} = v_2$$

$$\sqrt{v_1^2 \cos^2 \alpha + v_1^2 \sin^2 \alpha + (gt)^2} - 2v_1 gt \sin \alpha = v_2$$

$$v_1^2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) + (gt)^2 - 2v_1 gt \sin \alpha = v_2^2$$

$$v_1^2 - 2v_1 gt \sin \alpha + (gt)^2 = v_2^2$$

$$2v_1 gt \sin \alpha = v_1^2 + (gt)^2 - v_2^2$$

$$\sin \alpha = \frac{v_1^2 - v_2^2 + (gt)^2}{2v_1 gt} = \frac{100 - 49 + 25}{100} = 0,76$$

$$H = \frac{v_{y1}^2}{2g} = \frac{v_1^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,76^2}{2 \cdot 10} = \boxed{2,888 \text{ м}}$$

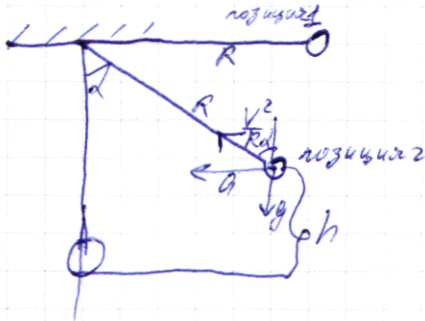


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3



$$E_{\text{нач}} = mgR$$

$$E_{\text{кон}} = \frac{mV_2^2}{2} + mgh$$

$$\sin \alpha/2 = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$$



$$AB = \sqrt{R^2 - 2R^2 \cos \alpha} = \sqrt{R^2(1 - \cos \alpha)}$$

$$h = AB \cdot \sin \alpha/2 = \sqrt{R^2(1 - \cos \alpha)} \cdot \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$$

$$h = R \sqrt{(1 - \cos \alpha)^2} = R(1 - \cos \alpha)$$

$$E_{\text{кон}} = \frac{mV_2^2}{2} + mgR(1 - \cos \alpha)$$

$$E_{\text{кон}} = mgR$$

$$\left\{ \frac{V_2^2}{R} \cos \alpha = g \right.$$

$$\left\{ mgR = \frac{mV_2^2}{2} + mgR - mgR \cos \alpha \right.$$

$$\frac{mV_2^2}{2} = mgR \cos \alpha$$

$$V_2^2 = 2gR \cos \alpha$$

$$R \cos \alpha = \frac{gR}{\frac{R V_2^2}{2gR \cos \alpha}} = \frac{gR}{2gR \cos \alpha}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{2}$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

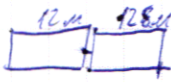


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

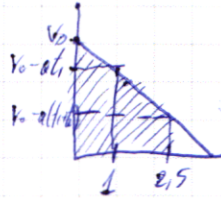
Страница №       
(Нумеровать только чистовики)



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

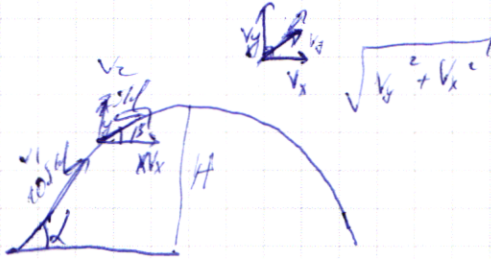


$$L = \frac{at^2}{2}$$



$$v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} = 12$$

$$(v_0 - at_1 - (v_0 - at_1 - at_2)) \cdot \frac{t_2}{2}$$



$$\begin{cases} (v_0 - at_1) t_2 - \frac{at_2^2}{2} = L \\ v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} = L \end{cases}$$

$$v_x = v_1 \cos \alpha \quad t = 0,5 \text{ s}$$

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

$$v_y = v_1 \sin \alpha - gt$$

$$v_y = v_1 \sin \alpha - 9,8t$$

$$v_0 = \frac{L}{t_1} + \frac{at_1}{2} = \frac{12}{1} + \frac{3,2 \cdot 1}{2} = 13,6 \text{ m/s}$$

$$\sqrt{v_x^2 + v_y^2} = v_2$$

$$\left(\frac{L}{t_1} + \frac{at_1}{2} - at_1\right) t_2 - \frac{at_2^2}{2} = L$$

$$\sqrt{v_1^2 \cos^2 \alpha + (v_1 \sin \alpha - gt)^2} = v_2$$

$$\frac{t_2}{t_1} - \frac{at_1 t_2}{2} - \frac{at_2^2}{2} = L$$

$$\sqrt{v_1^2 \cos^2 \alpha + v_1^2 \sin^2 \alpha + g^2 t^2 - 2v_1 g t \sin \alpha} = v_2$$

$$-a \left( \frac{t_1 t_2 + t_2^2}{2} \right) = L \left( 1 - \frac{t_2}{t_1} \right)$$

$$\sqrt{v_1^2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) + g^2 t^2 - 2v_1 g t \sin \alpha} = v_2$$

$$-a = \frac{2L \left( 1 - \frac{t_2}{t_1} \right)}{t_1 t_2 + t_2^2} \quad a = 3,25 \text{ m/s}^2$$

$$v_1^2 - 2v_1 g t \sin \alpha + g^2 t^2 = v_2^2$$

$$2v_1 g t \sin \alpha = -v_2^2 + g^2 t^2 + v_1^2$$

$$v_0 = \frac{L}{t_1} + \frac{at_1}{2} = \frac{12}{1} + \frac{3,2 \cdot 1}{2} = 13,6 \text{ m/s}$$

$$v_0 = at \quad T = \frac{v_0}{a} = \frac{13,6}{3,2} = 4,25 \text{ s}$$

$$\sin \alpha = \frac{v_1^2 - v_2^2 + g^2 t^2}{2v_1 g t} = 0,76$$

$$v_1 \sin \alpha - gT = 0$$

$$10 \cdot 0,76 = 10 \cdot T$$

$$v_0 = v_1 \sin \alpha$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_1^2 \sin^2 \alpha}{2 \cdot 10} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,76^2}{2 \cdot 10} = 2,88 \text{ m}$$

$$v_y = 0$$

$$T = 0,76 \text{ s}$$



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)