

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр

9-27

(заполняется секретарём)

## Вариант 09-04

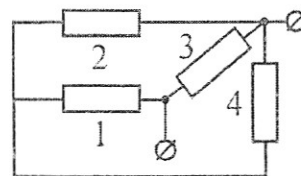
1 Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за  $\tau_1 = 1$  с, а второй - за  $\tau_2 = 1,5$  с. Длина каждого вагона  $L = 12$  м. Через какое время  $T$  после начала наблюдения поезд остановился? В процессе торможения поезд движется по прямой равномерно.

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/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

№1

Решение:

Пусть поезд в момент начала наблюдения движался со скоростью  $v_{01}$  и через время  $t_1 = 1$  с движался с меньшей скоростью  $v_{02}$ , ускорение с которым замедляется поезд будет  $a$ , тогда:

~~$L = 1200$  м~~

$$L = v_{01} t_1 - \frac{a t_1^2}{2}, \quad L = v_{02} t_2 - \frac{a t_2^2}{2};$$

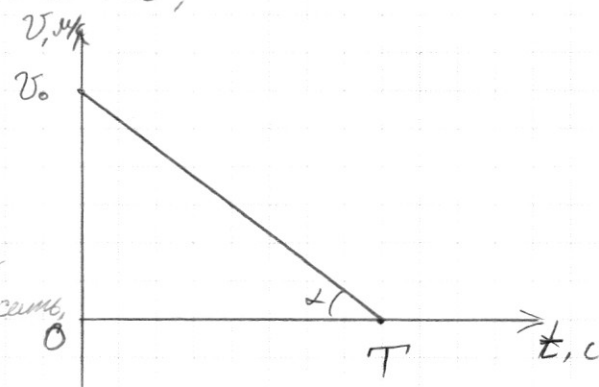
Также  $[v_{02} = v_{01} - a t_1]$ , подставим и преобразуем.

$$v_{01} t_1 - \frac{a t_1^2}{2} = (v_{01} - a t_1) t_2 - \frac{a t_2^2}{2};$$

$$v_{01} t_1 - v_{01} t_2 = \frac{a t_1^2}{2} - \frac{a t_2^2}{2} - a t_1 t_2;$$

$$\frac{v_{01}}{a} = \frac{t_1^2 - t_2^2 - 2 t_1 t_2}{2(t_1 - t_2)}$$

Проанализировав рисунок, и зная что  $a = \text{tg } \alpha$ , можем записать, что:  $a = \frac{v_0}{T}$ , отсюда:

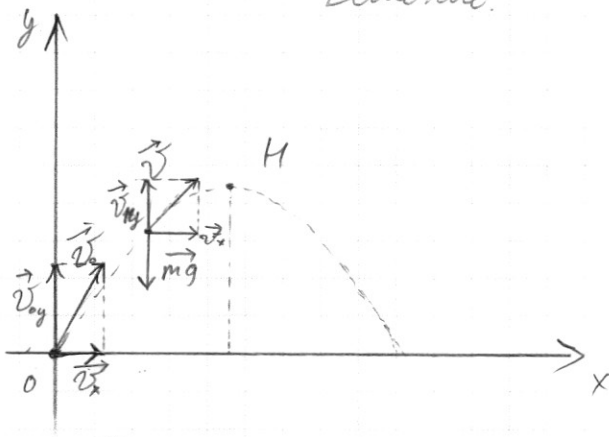


$$T = \frac{v_0}{a} = \frac{t_1^2 - t_2^2 - 2 t_1 t_2}{2(t_1 - t_2)} = \frac{1 - 2,25 - 2 \cdot 1,5 \cdot 1}{2(1 - 1,5)} = \frac{-4,25}{-1} = 4,25 \text{ (с)}$$

Ответ:  $T = 4,25$  с.

№2

Решение:



Разложим по осям  $\vec{v}_0$  и  $\vec{v}$ .

$$v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_{0y}^2}; \quad v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2};$$

$v_x$  на протяжении полёта изменяется не будет, т.к. мы пренебрегаем силами лобового сопротивления.

$$\begin{cases} v_0^2 = v_x^2 + v_{0y}^2; \\ v^2 = v_x^2 + v_y^2; \end{cases} \Rightarrow v_0^2 - v^2 = v_{0y}^2 - v_y^2; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_y^2 = v_{0y}^2 + v^2 - v_0^2.$$

Также:

$$v_y = v_{0y} - gT; \quad \text{Возведём в квадрат: } v_y^2 = v_{0y}^2 - 2v_{0y}gT + g^2T^2; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_y^2 = v_{0y}^2 + v^2 - v_0^2 \\ v_y^2 = v_{0y}^2 - 2v_{0y}gT + g^2T^2; \end{cases} \Rightarrow v_{0y}^2 + v^2 - v_0^2 = v_{0y}^2 - 2v_{0y}gT + g^2T^2; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{0y} = \frac{v_0^2 - v^2 + g^2T^2}{2gT}.$$

Т.к. в т. H скорости камня будут равны 0, то:

$$H = \frac{v_{0y}^2 - v_k^2}{2g} = [v_k = 0] = \frac{v_{0y}^2}{2g};$$

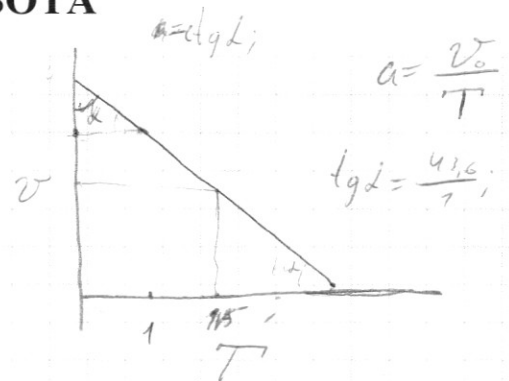
$$v_{0y} = \frac{100 - 49 + 100 \cdot 0,25}{2 \cdot 10 \cdot 0,5} = \frac{76}{10} = 7,6 \text{ (м/с)};$$

$$H = \frac{(7,6)^2}{2 \cdot 10} \approx 2,89 \text{ (м)}$$

$$\underline{\text{Ответ: } H = 2,89 \text{ м.}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)  $S = 14,15T - \frac{4,36 T^2}{2}$



2) ~~scribble~~

~~S = ...~~  
 $v_{02} = -a t_1 + v_{01}$

$v_{02} = 14,15 - 4,36$

$S = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2a}$       $v_k = 0$

$\frac{v_0^2}{2a} = \frac{14,15^2}{2 \cdot 4,36} = 14,78T - \frac{4,36T^2}{2}$

$tg \alpha = \frac{v_0}{T}$

$T = \frac{v_0}{a}$

$T = \frac{(t_1^2 - t_2^2 - 2t_1 \cdot t_2)}{2(t_1 - t_2)}$

84 | 7,63  
70  
140  
132

20000  
2,0764  
1,9236

0,0764 кг

4,36

14,15  
- 4,36  
9,79

14,15  
14,15  
1413  
5622  
1413  
2700924

210009  
210009  
2  
10500450 | 4,560

$v_{0y} = \frac{100 - 49 + 100 \cdot 0,25}{2 \cdot 10 \cdot 0,5} = \frac{76}{10} = 7,6 \text{ (м/с)}$

$-1,25 - 3 = -4,25 = 4,25$

$\mu = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{57,76}{20} = 2,888 \text{ м}$

2,88

7,6  
x 7,6  
456  
332  
5776

57,76 | 2  
115,52

14

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

$m_1 =$

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

$$Q_{\text{II}} + Q$$

$$Q_{\text{II}} + Q_{\text{III}} = Q_B$$

t

$$\cancel{2m_{\text{II}}} + \cancel{c} Q + c_{\text{II}} m_{\text{II}} t = c m_0 t$$

$$m_{\text{I}} + m_{\text{II}} = m_0$$

$$c_1 m_{\text{I}} (t_2 - t_1) + 2 m_{\text{II}} + c_2 m_{\text{II}} (t - t_1) =$$

$$\cancel{2m_{\text{II}}} (t - t_1) c_{\text{II}} m_{\text{II}} = c_0 m_0 (t_2 - t_1)$$

$$\cancel{t}$$

$$(t + 5)$$

$$1 \cdot 2 \cdot 2100 = 2 \cdot 2100 \cdot 0,2$$

$$1 = 0,2$$

$$c_1 m_{\text{I}} (t - t_1) - 2 m_{\text{II}} + c_2 m_{\text{II}} (t - t_1) = c_0 m_0 (t_2 - t_1)$$

$$m_{\text{I}} c_1 \cdot (t - t_1) = c_0 m_0 (t - t_2)$$

$$t (m_{\text{I}} \cdot c_1 - c_0 \cdot m_0) = t_2 m_{\text{I}} \cdot c_1 - c_0 m_0 t_2$$

$$t = \frac{t_2 m_{\text{I}} \cdot c_1 - c_0 m_0 t_2 + m_0}{m_{\text{I}} \cdot c_1 - c_0 m_0} = \frac{-5 \cdot 2 \cdot 2100 - 2 \cdot 2100 \cdot 0,2}{2 \cdot 2100 - 0,2 \cdot 2 \cdot 2100} =$$

$$= \frac{-5 \cdot 2 \cdot 2100 (1 + 0,2)}{2 \cdot 2100 (1 - 0,2)} = - \frac{5 \cdot 1,2}{0,8} = - \frac{3}{2} \cdot \frac{10}{8} = - \frac{30}{4} = -7,5$$

$$0,8 \cdot (-t) = 4 \cdot \frac{3}{10} = 4$$

240

$$6 + 2m = 4;$$

$$6 - 2m = 0;$$

$$6 + 3,3 \cdot 10^5 = 15 \cdot 10^5$$

$$6 - 3,3 \cdot 10^5 = 0$$

$$m = \frac{6}{3,3 \cdot 10^5} =$$

$$\begin{array}{r} 60 \quad 32 \\ 33 \overline{) 270} \\ \underline{264} \quad 180 \\ \underline{264} \quad 60 \end{array}$$

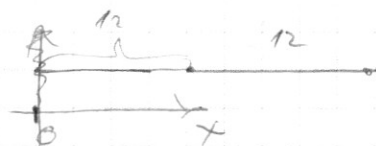
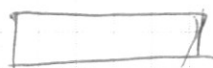
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$T_1 = 10$

$T_2 = 1,50$

$l = 12$

$T_1$



$$S_1 = v_{01}t_1 + \frac{at_1^2}{2}$$

$$S_2 = v_{02}t_2 + \frac{at_2^2}{2}$$

$$[v_{02} = -at_1 + v_{01}]$$

$$v_{01}t_1 +$$

$$(S_1 = S_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{01}t_1 + \frac{at_1^2}{2} = (v_{01}t_2 - at_1t_2) + \frac{at_2^2}{2}$$

$$v_{01}t_1 - v_{01}t_2 = \frac{at_2^2}{2} - \frac{at_1^2}{2} - at_1t_2$$

$$2v_{01}(t_1 - t_2) = a(t_2^2 - t_1^2 - 2t_1t_2)$$

$$\frac{v_{01}}{a} = \frac{(t_2^2 - t_1^2 - 2t_1t_2)}{2(t_1 - t_2)} \Rightarrow a = \frac{v_{01}^2}{v_{01}t_1 - at_1^2}$$

$$v_{01} = \frac{a(t_1^2 - t_2^2 - 2t_1t_2)}{2(t_1 - t_2)}$$

$$S_1 = \frac{a(t_1^2 - t_2^2 - 2t_1t_2)}{2(t_1 - t_2)} \cdot t_1 - \frac{at_1^2}{2}$$

$$12 = 2,25 - 2 \cdot 1 \cdot 1,5;$$

$$12 = 3,25a - 0,5a;$$

$$1 - 1,25 - 3;$$

$$12 = 2,75a;$$

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

$$a = \frac{12}{2,75};$$

$$12 = 2 \cdot \frac{3}{4} = 12 \cdot \frac{4}{11} = \frac{48}{11} = 4,36 \text{ (м/с}^2\text{)} \approx 4,36 \text{ м/с}^2$$

$$v_{01} = 3,25 a;$$

$$v_{01} = 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{48}{11} = \frac{13}{4} \cdot \frac{48}{11} = \frac{13 \cdot 12}{11} \approx 14,18 \text{ м/с}$$

$$\frac{48}{11} \cdot \frac{11}{4} = \frac{48}{4} = 12$$

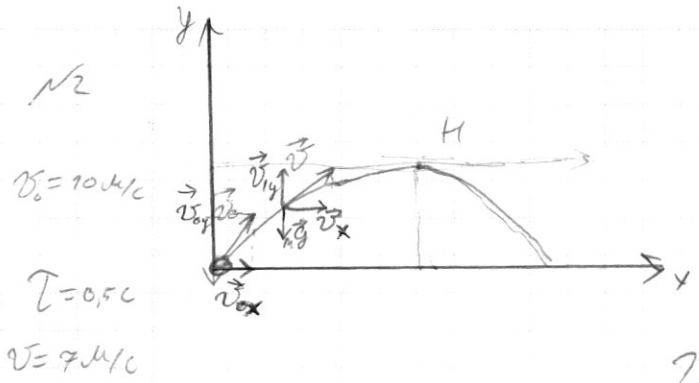
$$\frac{40}{40} = 1$$

$$\frac{144}{156}$$

$$4,89 \text{ м/с}^2$$

$$14,18$$

$$\frac{90}{113}$$

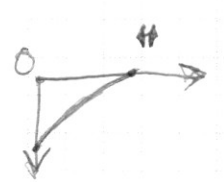


$-273^{\circ}\text{C} = 273$   
 $0^{\circ}$

$H =$

$T =$   
 $\vec{v} = \vec{v}_0 - g\vec{t} \Rightarrow$

$v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_{0y}^2}$   
 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$   
 $v_0^2 = v_x^2 + v_{0y}^2$   
 $v^2 = v_x^2 + v_y^2$   
 $v_{0y}^2 - v_y^2 = v_0^2 - v^2$



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

~~$T = \frac{v_0^2 - v^2}{2g}$~~

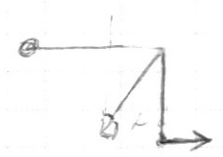


$H = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$

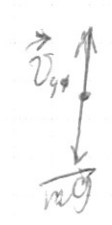
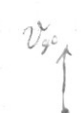
$v_{0y}^2 - v_y^2 = v_{0y}^2 - 2gt$   
 $v_{0y} - v_y = v_{0y} - gt$

$H = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$

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



$1 - \frac{v_y^2}{v_0^2} = \frac{g^2 t^2}{v_0^2}$



$v_y = \sqrt{v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}$

$\frac{v_0^2 - v^2}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

$S =$

$v_y^2 = v_{0y}^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha$

$S = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$

$v_y = v_{0y} - gt$   
 $v_y^2 = v_{0y}^2 - 2v_{0y}gt + g^2 t^2 = v_{0y}^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha$

$v_y =$

$v_{0y}$

$S = \frac{v_{0y}^2}{2g}$

$v_{0y} = \frac{100 - 49 + 100 \cdot 0.45}{2g}$

$\Rightarrow v_{0y}^2 - 2v_{0y}gt + g^2 t^2 = v_{0y}^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha$

$v_{0y} = \frac{v_0^2 - v^2 + g^2 t^2}{2gt}$

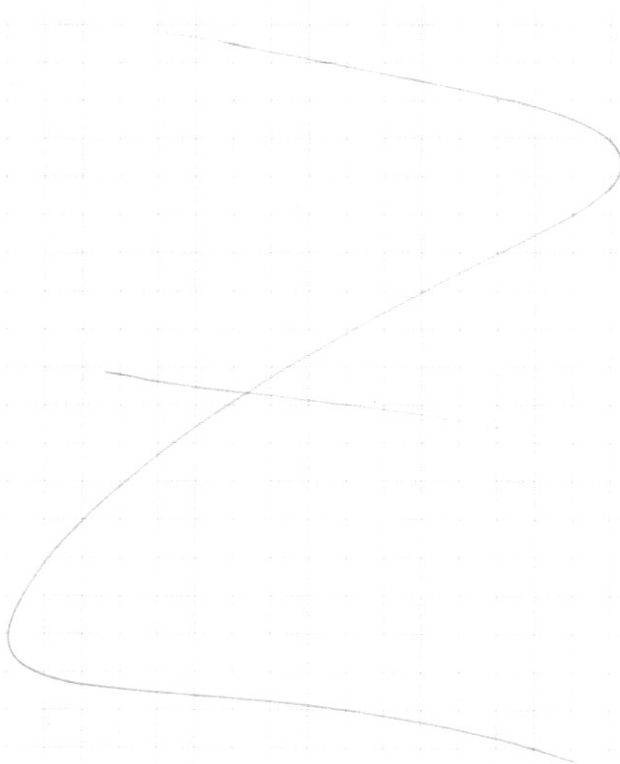
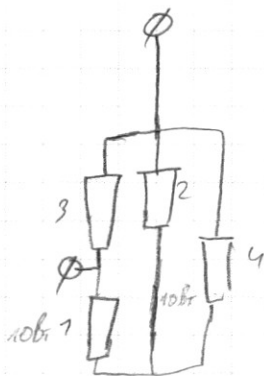
$H = \frac{v_{0y}^2 - v_{0y}^2}{2g}$

$H = \frac{(v_0^2 - v^2 + g^2 t^2)^2}{4g^2 t^2} = \frac{v_0^2 - v^2 + g^2 t^2}{2g}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

~~Чистовик~~



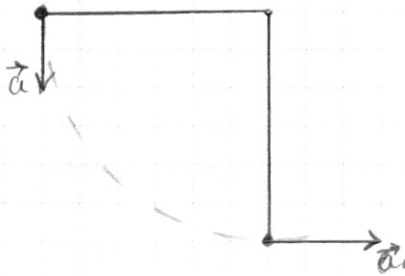




## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

Решение:



П.к. ускорение будет направлено по касательной к траектории движения, а радиус проведенной в т. касания перпендикулярен касательной, то есть, в момент, когда ускорение

будет направлено горизонтально, будет находиться в

вертикальном положении  $\Rightarrow$  Она будет параллельна

вертикали  $\Rightarrow \alpha = 0^\circ$ ;

Ответ:  $\alpha = 0^\circ$ .

№4

Решение:

Чтобы лёд начал таять, необходимо, чтобы температура, установившаяся, была равна  $0^\circ\text{C}$ .

Исходя из этих данных можно записать ур.

теплового баланса, где  $m_1 = m_n + m_l$ , здесь

$m_n$  - масса нетаявшего льда, а  $m_l$  - масса льда:

$$c_l \cdot m_l (t_4 - t_1) + 2m_n = c_B m_B (t - t_2) \Rightarrow [t_4 = 0^\circ\text{C}] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_n = \frac{-c_B \cdot m_B t_2 + c_l \cdot m_l t_1}{-2} = \frac{2 \cdot 2100 \cdot 0,2 \cdot 5 + 2100 \cdot 2 \cdot 5}{3,3 \cdot 10^5} =$$

$$= \frac{2 \cdot 2100 \cdot 5 (0,2 + 1)}{3,3 \cdot 10^5} = \frac{211,2}{3,3} \cdot 10^{-2} \approx 7,64 \cdot 10^{-2}; \Rightarrow$$

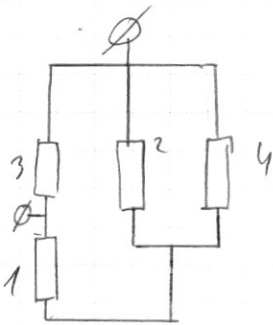
№4 (продолжение решения)

$$m_n = m_1 - m_{\text{п}} = 2 - 7,64 \cdot 10^{-2} = 1,9236 \text{ кг}$$

Ответ:  $m_n = 1,9236 \text{ кг}$ ,

№5

Посмотрим на сеть аналогичную данной.



Если у всех резисторов одинаковое сопротивление, то мощность на 2 и 4 будет также 10 Вт, также на 3 будет 10 Вт.

~~Т.к. они по~~ т.к. 1 и 3 соединены параллельно, но ~~эта~~ ~~на~~ напряжение на 3 и 1, 2, 4 - одинаков,

однако,  $R_{2,4} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{2,4} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{1}{\frac{2}{R}} = \frac{R}{2}$

$$\Rightarrow R_{1,2,4} = R_1 + R_{2,4} = \frac{3}{2} R; \quad R_3 = R;$$

$$\frac{I_3^2 R}{I_{1,2,4}^2 \frac{3}{2} R} = \frac{2}{3}; \quad \Rightarrow \quad P_3 = \frac{20}{3} \approx 6,7 \text{ Вт}; \quad P_{2,4} =$$

$$\frac{2}{3} = \frac{P_3}{P_1} = P_3 = \frac{20}{3} \approx 6,7 \text{ Вт}. \quad \text{И } P_{2,4} \approx 12$$

Ответ:  ~~$P \approx 3,8$~~ ,  $P \approx 38,9 \text{ Вт}$ .