

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр 14-009

(заполняется секретарём)

## Вариант 09-03

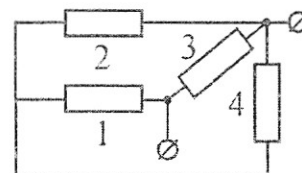
**1** Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за  $\tau_1 = 1$  с, а второй - за  $\tau_2 = 1,5$  с. Длина каждого вагона  $L = 12$  м. Найдите скорость  $V_0$  поезда в начале наблюдения. Поезд движется по прямой равномерно.

**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. Через какое время  $T$  после старта камень находился на максимальной высоте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**3** Подвешенному на нити шарiku 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  $\alpha_{\max}$  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

№2

Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

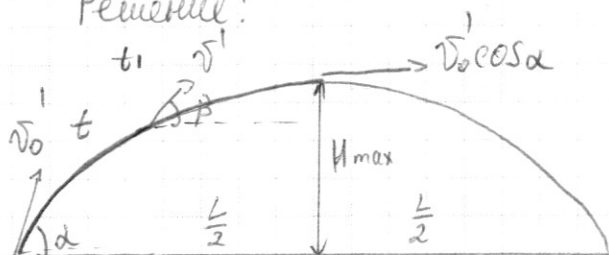
$$v = 7 \text{ м/с}$$

$$t = 0.5 \text{ с}$$

$$t_1 = ? \text{ (с)}$$

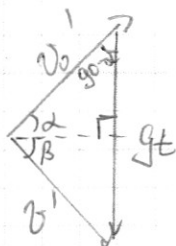
Ответ:  $t_1 = 0.76 \text{ с}$

Решение:



$t_1$  - время от начала до макс высоты

1) построим векторный треугольник скоростей

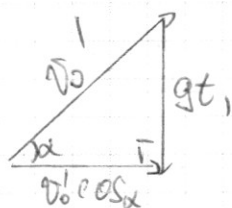


$$v^2 = (v_0')^2 + (gt)^2 - 2v_0'gt \cos(90^\circ - \alpha)$$

$$\sin \alpha = \frac{(v_0')^2 + (gt)^2 - (v')^2}{2v_0'gt} = \frac{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + 25 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 49 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0.5 \text{ с}}$$

$$= 0.76$$

2) построим второй треугольник скоростей:



$$\sin \alpha = \frac{gt_1}{v_0'} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot t_1}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 0.76 \Rightarrow t_1 = 0.76 \text{ с}$$

Ответ:  $t_1 = 0.76 \text{ с}$

№1

Дано:

$l = 12 \text{ м}$

$v_0 = ?$

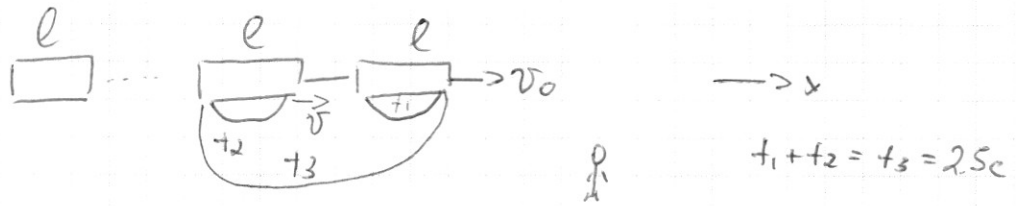
$t_1 = 1 \text{ с}$

$t_2 = 1,5$

$a < 0$

Решение:

$a = \text{const.}$



1) тк  $a < 0 \Rightarrow v < v_0 \quad v(t_1) = v_0 - at_1$

2)  $l = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2}$  но  $0x$ : - путь для 1 вагона. ②

3) тк вагоны одинаковы, то

$l = v t_2 - \frac{a t_2^2}{2}$  но  $0x$  - путь для 2 вагонов.

4) за  $t_3$  время, пройденный  $2l$

$2l = v_0 t_3 - \frac{a t_3^2}{2} = v_0 (t_1 + t_2) - \frac{a (t_1 + t_2)^2}{2} = v_0 t_3 - \frac{(v_0 t_1 - l) 2 t_3^2}{t_1^2}$

$v_0 = \frac{2l - \frac{a (t_1 + t_2)^2}{2}}{t_1 + t_2}$  ①

$v_0 t_3 t_1^2 - v_0 t_1 t_3^2 + l t_3^2 = 2l$

$v_0 t_3 t_1 (t_1^2 - t_3^2) = 2l - l t_3^2$

5) из ② выразим  $a$  и подставим в ①

$v_0 = \frac{2l - \frac{2(v_0 t_1 - l) \cdot \frac{t_3^2}{2}}{t_1^2}}{t_3^2} = \frac{2l - \frac{v_0 t_3^2 t_1 - l t_3^2}{t_1^2}}{t_3^2} = \frac{2l - \frac{(v_0 t_1 - l) t_3^2}{t_1^2}}{t_3^2} =$

$= \frac{2l}{t_3^2} - \frac{(v_0 t_1 - l) t_3^2}{t_1^2 \cdot t_3^2} = \frac{2l t_1^2 - (v_0 t_1 - l) t_3^2}{(t_3 t_1)^2} = \frac{2l t_1^2 - v_0 t_1 t_3 + l t_3^2}{(t_3 t_1)^2}$

$v_0 (t_1 + t_3)^2 = l (2 t_1^2 + t_3^2) - v_0 t_1 t_3$

$v_0 (t_1 + t_3)^2 + v_0 t_1 t_3 = l (2 t_1^2 + t_3^2)$

$v_0 = \frac{l (2 t_1^2 + t_3^2)}{(t_1 t_3)^2 + t_1 t_3}$

$(v_0 - a) t_1 t_3 = \frac{a t_3^2}{2} = v_0 t_1 t_3 - \frac{l (2 t_1^2 + t_3^2)}{2}$

$v_0 t_2 + (v_0 t_1 + \frac{a t_1^2}{2}) t_3 = 0$

$v_0 t_2 + \frac{2 a t_1 t_2 + a t_2^2}{2} + v_0 t_1 + \frac{a t_1^2}{2} = 0$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:

$$l = 12 \text{ м}$$

$$v_0 = ?$$

$$t_1 = 1 \text{ с}$$

$$t_2 = 1,5 \text{ с}$$

$$a < 0$$

$$a = \text{const}$$

а) из ① выразим «а» и подставим в ②

$$2l = v_0 t_3 - \frac{(v_0 t_1 - l) 2t_3^2}{t_1^2 \cdot 2} = \frac{v_0 t_1^2 t_3 - v_0 t_1 t_3^2 + l t_3^2}{t_1^2}$$

$$2l t_1^2 = v_0 t_1 t_3 (t_1 - t_3) + l t_3^2$$

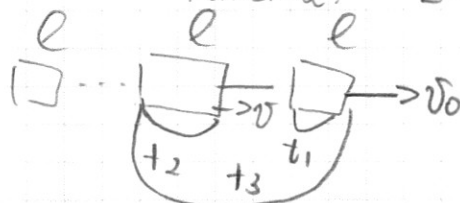
$$l(2t_1^2 - t_3^2) = v_0 t_1 t_3 (t_1 - t_3)$$

$$v_0 = \frac{l(2t_1^2 - t_3^2)}{t_1 t_3 (t_1 - t_3)} = \frac{12 \text{ м} \cdot (2 \cdot 1 \text{ с}^2 - 2,25 \text{ с}^2)}{1 \text{ с} \cdot 2,5 \text{ с} \cdot (1 \text{ с} - 2,5 \text{ с})} = 13,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $v_0 = 13,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Ответ:  $v_0 = 13,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Решение:



$$v = v_0 - at, \text{ так } a < 0$$

$$t_1 + t_2 = t_3 = 2,5 \text{ с}$$

$$1) l = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2} \quad \text{— 1 вариант} \quad \textcircled{1}$$

$$2) l = v t_2 - \frac{a t_2^2}{2} \quad \text{— 2 вариант}$$

$$3) 2l = v_0 t_3 - \frac{a t_3^2}{2} \quad \text{— 2 варианта} \quad \textcircled{2}$$



№4

Дано:  $CM$

$$M = 0.1 \text{ кг}$$

$$m = 0.05 \text{ кг} \quad \text{~~0.0005 кг~~}$$

$$P = \frac{12}{5 \text{ мин}} \quad \frac{10002}{3000} = \frac{10 \text{ кг}}{3 \text{ с}}$$

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

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

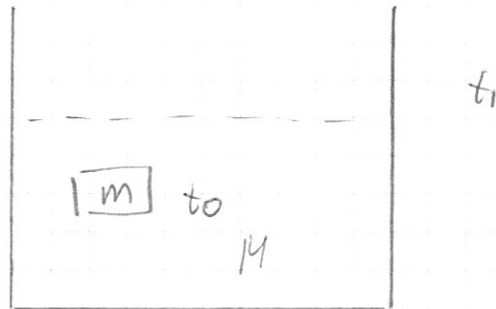
$$\Delta t = 1^\circ \text{C}$$

$$\lambda = 3.3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$$

$\tau$  - ? (Омента  
появления  
до повышения темп  
на  $\Delta t$ )

Решение:



1) после полного таяния  
льда в камере  
будет вода массой  $M+m$  и  
при температуре  $t_0$

$$2) c(M+m)\Delta t = Q \cdot P$$

$$\tau = \frac{c(M+m)\Delta t}{P} = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}} \cdot (0.1 \text{ кг} + 5 \cdot 10^{-4} \text{ кг}) \cdot 1^\circ \text{C}}{\frac{10 \text{ кг}}{5 \text{ мин}} \cdot \frac{12}{5 \text{ мин}}}$$

$$\tau \equiv \frac{c(M+m)\Delta t}{P} = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}} \cdot 1.05 \text{ кг} \cdot 1^\circ \text{C}}{\frac{12}{5 \text{ мин}}} =$$

=

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

85

Ответ:  $P_i = 16,2 \text{ В}$

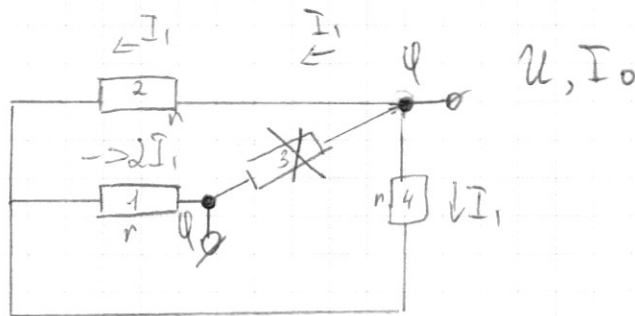
Дано:

Решение:

$$U = 18 \text{ В}$$

$$r = 50 \text{ Ом}$$

$$P_i = ?$$



1) Так как на 3 резисторе равенность потенциалов равна нулю, то через него ток не идет.

$$2) I_1 \cdot r + I_1 \cdot r + 2I_1 \cdot r = U$$

$$I_1 = \frac{U}{4r} = \frac{18 \text{ В}}{4 \cdot 50 \text{ Ом}} = 0,9 \text{ А}$$

$$3) P_i = (2I_1)^2 \cdot r = 4 \cdot 0,9^2 \cdot 50 \text{ Ом} = 16,2 \text{ В}$$

Ответ:  $P_i = 16,2 \text{ В}$

№ 4.



$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{1}{3} S_{\text{днн}} h} = \frac{m}{\frac{1}{3} S_{\text{днн}} \cdot 300 \text{ см}}$$

$$\frac{m}{\rho} = \frac{m}{\frac{m}{V}} = \frac{V}{1} = \frac{1}{3} S_{\text{днн}} h$$

$$0.05 \text{ м}^3 = 0.00005 \text{ м}^3$$

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{100}{5} = 10$$

$$0.05 \cdot 300$$

$$0.05 \cdot 3 \cdot 100 = 15 \text{ с}$$

$$\rho = \frac{10000 \text{ кг}}{30000 \text{ м}^3} = \frac{10 \text{ кг}}{3 \text{ м}^3}$$

за 15 с в конформаторе будет вода массой =  $0.1 + 0.05 = 0.15 \text{ т}$   
при отключении

$$Q = \lambda m = Pt$$

$$c \cdot m_{\text{вс}} \cdot \Delta t = Pt_2$$

$$t = \frac{\lambda m}{P} = \frac{3,3 \cdot 10^8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0.00005 \text{ кг}}{\frac{10 \text{ кВт}}{3 \text{ с}}}$$

$$c m_{\text{вс}} \Delta t = Pt_1$$

$$\frac{3,3 \cdot 5 \cdot 3}{10} \cdot \frac{10}{10} = \frac{33 \cdot 5 \cdot 3}{100} =$$

$$t_c = \frac{c m_{\text{вс}} \Delta t}{\frac{10 \text{ кВт}}{3 \text{ с}}} = \frac{4200 \cdot 0,15 \text{ т} \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot \frac{99 \cdot 5}{100 \cdot 20}}{\frac{10 \text{ кВт}}{3 \text{ с}}}$$

$$\frac{99}{20} = 4 \frac{19}{20} \text{ с}$$

$$\frac{4,2 \cdot 0,15}{\frac{10}{3}} = \frac{4,2 \cdot 0,15 \cdot 3}{10} \cdot \frac{10000}{10000}$$

$$\frac{4,2 \cdot 0,15 \cdot 3}{10000} =$$

$$\begin{array}{r} 42 \\ \times 3 \\ \hline 126 \\ \times 15 \\ \hline 780 \\ 126 \\ \hline 2040 \end{array} - 0,2 \text{ с}$$

$$Q = \rho V c \Delta t = \frac{\rho V c \Delta t}{2}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:

$$l = 2 \text{ м}$$

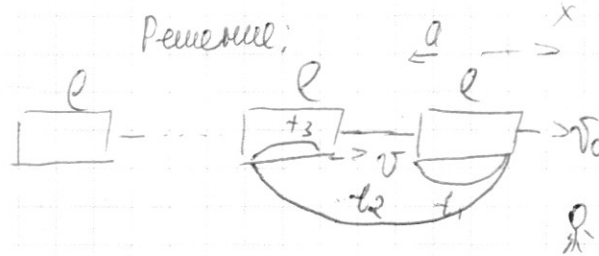
$$t_1 = 1 \text{ с}$$

$$t_2 = 1,5 \text{ с}$$

$v_0 = ?$

$a < 0$

Решение:



$$v = v_0 - at$$

$$t_3 = t_2 - t_1 = 0,5 \text{ с}$$

$$1) l = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2}, \text{ для 1 варианта.} \Rightarrow a = \frac{v_0 t_1 - l}{t_1^2}$$

$$2l = v_0 t_2 - \frac{at_2^2}{2}, \text{ для первых двух вариантов}$$

$$l = v t_3 - \frac{at_3^2}{2} = (v_0 - at_1)t_3 - \frac{at_3^2}{2}$$

$$v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} = (v_0 - at_1)t_3 - \frac{at_3^2}{2}$$

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

$$a = \frac{2(v_0 t_1 - l)}{t_1^2}$$

$$v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} = v_0 t_3 - at_1 t_3 - \frac{at_3^2}{2}$$

$$v_0 (t_1 - t_3) = a \left( \frac{t_1^2}{2} - \frac{t_3^2}{2} - at_1 t_3 \right)$$

$$v_0 (t_1 - t_3) = \frac{2(v_0 t_1 - l)}{t_1^2} \left( \frac{t_1^2 + t_3^2 - 2t_1 t_3}{2} \right)$$

$$v_0 (t_1 - t_3) = \frac{(v_0 t_1 - l)(t_1^2 - t_3^2 - 2t_1 t_3)}{t_1^2}$$

$$2l = v_0 t_2 - \frac{2(v_0 t_1 - l) \cdot t_2^2}{t_1^2}$$

$$2l = v_0 t_2 - \frac{v_0 t_1 t_2^2 - t_2^2 l}{t_1^2}$$

$$2l = \frac{v_0 t_1^2 t_2 - v_0 t_1 t_2^2 - t_2^2 l}{t_1^2}$$

$$2l t_1^2 = v_0 t_1 t_2 (t_1 - t_2) - t_2^2 l$$

$$v_0 t_1 t_2 = \frac{2l(2t_1^2 - t_2^2)}{t_1 t_2 (t_1 - t_2)} = \frac{12(2 \cdot 1^2 - 1,5^2)}{10 \cdot 1,5 \cdot (1 - 1,5)}$$

$$\frac{12 \cdot 1,5}{-0,5} = 12 \cdot 0,3 \cdot (-36)$$

$$t_3 = (t_1 + t_2)$$





### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$*1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{10 \cdot 0.76}{10} = 0.76 \text{ с}$$

$$\sin \alpha = 0.76 \approx 60$$

$$\sin \alpha = \frac{9.7}{v_0} =$$

$$v_0 = \frac{12(-4.25^2)}{2(-11.7)} =$$

$$v_0 = \frac{2l - a(t_1 + t_2)^2}{2}$$

$$a = \frac{(v_0 + v_1 - l) \cdot 2}{t_1^2}$$

$$2lt_1^2 - v_0 t_3^2 + v_1 t_3^2 - lt_3^2 = v_0 t_3^2$$

$$l(2t_1^2 - t_3^2) = v_0 t_3^2 (1 + t_1)$$

$$v_0 t_3^2 (1 + t_1) = l(2t_1^2 - t_3^2)$$

$$v_0 = \frac{l(2t_1^2 - t_3^2)}{t_3^2(1 + t_1)} = \frac{12(2 - 6.25)}{6.25 \cdot 2}$$

$$\frac{2l - a(t_1 + t_2)^2}{2}$$

$$a = \frac{(v_0 + v_1 - l) \cdot 2}{t_1^2}$$

$$2lt_1^2 - v_0 t_3^2 + v_1 t_3^2 - lt_3^2 = v_0 t_3^2$$

$$l(2t_1^2 - t_3^2) = v_0 t_3^2 (1 + t_1)$$

$$v_0 t_3^2 (1 + t_1) = l(2t_1^2 - t_3^2)$$

$$v_0 = \frac{l(2t_1^2 - t_3^2)}{t_3^2(1 + t_1)} = \frac{12(2 - 6.25)}{6.25 \cdot 2}$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ \times 45 \\ \hline 125 \\ 80 \phantom{0} \\ \hline 925 \end{array}$$

$$\left( 2l - \frac{v_0 t_3^2 t_1 - l t_3^2}{t_1^2} \right)^{\frac{1}{\frac{1}{T_3}}} = \frac{2l - v_0(t_1 - l)}{T_3}$$

$$v_0((t_1 + t_3)^2 + (t_1 + t_3))$$

$$\frac{2l}{T_3^2} - \frac{v_0 t_3^2 (t_1 - l)}{t_1^2 + t_3^2} =$$

$$\begin{array}{r} 105 \\ \times 42 \\ \hline 210 \\ 420 \\ \hline 44100 \\ \hline 60 \end{array}$$

$$v_0 t_1 t_3 (t_1 + t_3 + l)$$

$$\frac{2l - v_0 t_1 - v_0 l}{T_1^2} = v_0 =$$

$$l(2t_1^2 + t_2^2)$$

$$v_0 = \frac{l(2t_1^2 + t_2^2)}{t_1 t_3 (t_1 + t_3 + l)} = v_0 t_1^2 = -v_0 t_1 - v$$

$$\begin{array}{r} 105 \\ \times 100 \\ \hline 10500 \end{array}$$

$$= \frac{12(2 \cdot 1.0^2 + 6.25)}{1.0 \cdot 2.5(1 + 2.5 + 1)}$$

$$\frac{2l - v_0 t_1 + l}{t_1^2} = v_0$$

$$\frac{12 \cdot 8.25 \text{ c}^2}{2.5^2 \cdot 4.5 \text{ c}^2}$$

$$3l = v_0 t_1^2 + v_0 t_1$$

$$3l = v_0 t_1 (t_1 + l)$$

$$v_0 = \frac{3l}{t_1(t_1 + l)} = \frac{3 \cdot 12^6}{1 \cdot 2} = 18^6 \text{ c}^2$$

$$\frac{12 \cdot 825}{25 \cdot 45} = \frac{12 \cdot 825}{100} = \frac{25 \cdot 45}{100}$$

$$\frac{12 \cdot 825}{25 \cdot 45} = \frac{12 \cdot 825}{925}$$

$$\begin{array}{r} 825 \\ \times 12 \\ \hline 1750 \\ 825 \phantom{0} \\ \hline 9900 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 9900 \\ 925 \\ \hline 650 \end{array} = \frac{10002}{60 \text{ мин}} = \frac{10002}{60} \text{ c}$$

$$\begin{array}{r} 10002 \\ 60 \text{ мин} \\ \hline 102 \\ 300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 181 \\ \times 81 \\ \hline 1620 \end{array}$$