

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр 14-012

(заполняется секретарём)

## Вариант 09-04

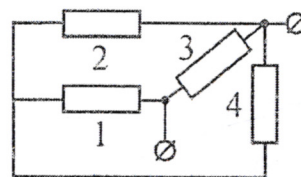
**1** Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за  $\tau_1 = 1$  с, а второй - за  $\tau_2 = 1,5$  с. Длина каждого вагона  $L = 12$  м. Через какое время  $T$  после начала наблюдения поезд остановился? В процессе торможения поезд движется по прямой равнозамедленно.

**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>.

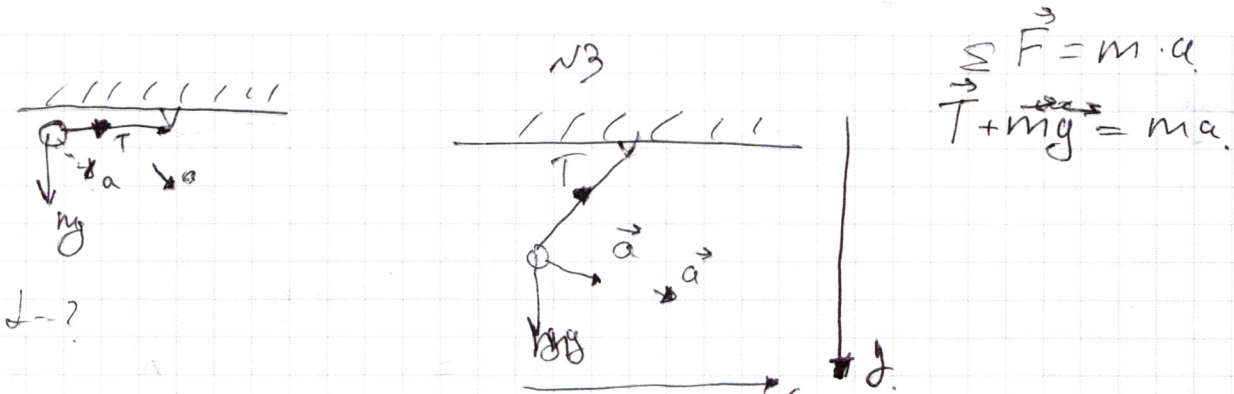
**3** На нити подвешен шарик. Шарик отводят в сторону так, что нить принимает горизонтальное положение, и отпускают. Какой угол  $\alpha$  образует нить с вертикалью в тот момент, когда ускорение шарика направлено горизонтально?

**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.



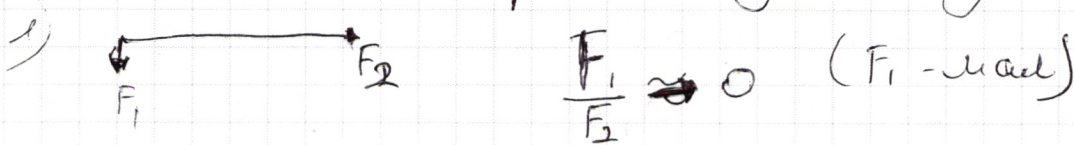
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\sum \vec{F} = m \cdot a$$

$$\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

Необходимо чтобы  $\vec{a} \parallel O_x$ ;  $\vec{a} \perp O_y$ ;  
 $m\vec{g} \perp O_x$ ; что бы 2 вектора в сумме  
образовали вектор  $\perp$  1-му необходимо:



~~это не~~ Это не подходит;  $m \cdot k \cdot mg = \omega n s t$ ,

если  $m\vec{g} \rightarrow 0$ ; то в нижней точке

$$\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\vec{T} + 0 = m\vec{a}$$

$$\vec{T} \approx m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{T}}{m} \Rightarrow \vec{a} \text{ направлено вверх, что}$$

неверно,

Так же следует показать что нулевой вектор  
 $\parallel$   $O_x$  и  $O_y$ , так что  $\vec{a} = 0$

$$T + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\vec{T} + m\vec{g} = 0$$

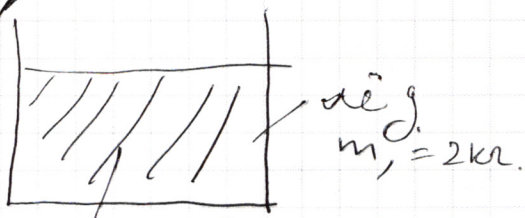
$T = -m\vec{g}$ ; т.е. шарик в самой нижней  
точке своей проекции  $\alpha = 0^\circ$  Ответ:  $\alpha = 0^\circ$

$$m = 0,2 \text{ кг}$$

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

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

~4



$$Q_{\text{отв}} = c m \Delta t$$

$$Q_{\text{отв}} = \lambda \cdot m$$

Дано:  $t_1 = -5^\circ \text{C}$ . Решение:

$$m_{\text{льда}} = 2 \text{ кг}$$

$$c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$c_1 = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

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

$$M = ?$$

Запишем уравнение теплового баланса;

$Q_{\text{охлаждение воды}} + Q_{\text{плавления льда}} = Q_{\text{оттаивания льда}} + Q_{\text{нагревание льда}}$ .

$$4200 \cdot 0,2 \cdot 5 + \lambda \cdot m_{\text{льда}} = 2100 \cdot 5 \cdot 2 + \lambda \cdot m_3$$

где  $m_2$  — ~~кат-во замерз~~ кристаллизован.

~~воды;  $m_3$  — кат-во~~  $m_4$  — масса кристалзовавшейся воды;  $m_3$  — масса растав. льда.

Тогда — же  $m_3 = m_1 - m_{\text{оставшийся лёд}} = 5 - m_{\text{ост}}$ .

$$4200 + 330000 \cdot m_4 = 21000 + 330000 \cdot (5 - m_{\text{ост}})$$

Нам необходимо найти массу  $M$  льда, тогда  $M = m_{\text{ост}}$ .

$M = m_{\text{оставшийся лёд}} + m_4$

$$3,3 \cdot 10^5 \cdot m_4 + 3,3 \cdot 10^5 \cdot m_{\text{ост}} = 16800 + 3,3 \cdot 10^5 \cdot 5$$

$$m_4 + m_{\text{ост}} = \frac{16800 + 3,3 \cdot 10^5 \cdot 5}{3,3 \cdot 10^5}$$

$$M = \frac{16800}{3,3 \cdot 10^5} + 5 = 5 + \frac{1,7 \cdot 10^4}{3,3 \cdot 10^5} = \frac{1}{20} + 5 =$$

$$= 5,05 \text{ кг.}$$

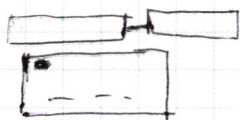
Ответ:  $M = 5,05 \text{ кг.}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 (Решен в конце)

$$s = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

$t_1 = 1\text{с}$   
 $t_2 = 1,5\text{с}$   
 $s = 12\text{м}$   
 $T = ?$



1) Рассчитать движение 1-го вагона:

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

где  $v_0$  - скорость поезда, когда он проезжал к наблюдателю,  $a$  - ускорение поезда.

2) Рассчитать движение 1-го и 2-го вагонов вместе, получим

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

Получим систему уравнений в виде:

$$\begin{cases} 12 = v_0 \cdot 1 + 0,5a & (1) \\ 24 = 2,5v_0 + 3,125a & (2) \end{cases} \cdot 2,5$$

$$\begin{cases} 30 = 2,5v_0 + 1,25a & (1) \\ 24 = 2,5v_0 + 3,125a & (2) \end{cases}$$

$$6 = -2,875a$$

$$a = -\frac{6}{2,875} = -\frac{6000}{2875} = -2,08 \approx -2,1 \quad (3)$$

$$(3) \rightarrow (1): 12 = v_0 + 0,5(-2,08)$$

$$v_0 = 13,05$$

3) Когда поезд останавливается;  $v = 0$ , учитывая что  $v = v_0 - at$ ; получим:

$$0 = v_0 - at$$

$$t = \frac{v_0}{a} = -\frac{13,05}{-2,1} = 6,21\text{с}$$

Ответ:  $t = 6,21\text{с}$ .



черновик



чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)

Дано:  $V_0 = 10 \text{ м/с}$   
 $\tau = 0.5 \text{ с}$   
 $V = 7 \text{ м/с}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $H = ?$

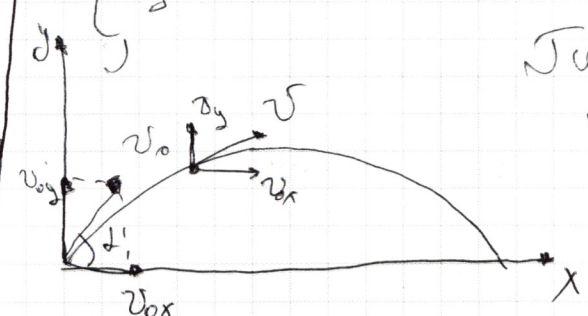
$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos \alpha \\ v_y = v_0 \sin \alpha - g t \end{cases}$$

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

По м-ме гипотенузы:  

$$v_x^2 + v_y^2 = v^2$$

По м-ту угла  
 скорости, тогда



В момент скорости

$$v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha = 10^2$$

Через  $\tau$  с.

$$v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha - g \tau)^2 = 7^2$$

Получим систему:

$$\begin{cases} v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha = 100 \\ v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha - 2 v_0 \sin \alpha g \cdot \tau + g^2 \tau^2 = 49 \end{cases}$$

$$\frac{v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha - 2 v_0 \sin \alpha g \cdot \tau + g^2 \tau^2 = 49}{v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha = 100}$$

$$2 v_0 \sin \alpha g \cdot \tau - g^2 \tau^2 = 51$$

$$0.5 \cdot 2 \cdot 10 \cdot \sin(\alpha) \cdot 10 - \frac{100}{4} = 51$$

$$100 \sin \alpha = 76$$

$$\sin \alpha = \frac{76}{100}; \quad \sin \alpha = \frac{19}{25}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{361}{625}$$

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

$$H = \frac{100 \cdot \frac{361}{625}}{20} = \frac{10^5 \cdot 361}{625 \cdot 2} = \frac{361}{125} = 2.9 \text{ м}$$

Ответ:  $H = 2.9 \text{ м}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:  $L = 12 \text{ м}$   
 $\tau_1 = 1 \text{ с}$   
 $\tau_2 = 1,5 \text{ с}$   
 $T = ?$

Решите:  $s = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$ ,  $v = v_0 + a t$ .  
 В схеме опката связанной с поездом,  
 козду движется человек зет в скорость  
 обратной по направлению  $v_{\text{поезда}}$  в лабор.  
 схеме опката.

Движение 1-го вагона

$$L = v_0 \cdot \tau_1 + \frac{a \cdot \tau_1^2}{2} \quad \text{где } v_0 - v_{\text{поезда}} \text{ в начале наблюдения}$$

Движение 2-го вагона

$$L = v_1 \cdot \tau_2 + \frac{a \cdot \tau_2^2}{2}; \quad v_1 = v_0 + a \tau_1 \quad (\text{v}_1 - \text{скорость в момент}$$

$$L = (v_0 + a \tau_1) \cdot \tau_2 + \frac{a \tau_2^2}{2} \quad \text{2-ой вагон поехала к человеку)}$$

$$\begin{cases} 12 = v_0 + \frac{1}{2} \tau_1^2 \\ 12 = 1,5 v_0 + 1,5 a + 1,125 a \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 12 = v_0 + 0,5 a \\ 12 = 1,5 v_0 + 2,625 a \end{cases} \cdot 1,5$$

$$18,0 = 1,5 v_0 + 0,75 a$$

$$\underline{12 = 1,5 v_0 + 2,625 a}$$

$$6 = 0 v_0 + 2,1 a$$

$$a = \frac{6}{2,1} \approx 2,86$$

$$6 = 1,875 a \Rightarrow a = \frac{6}{1,875} \approx 3,2$$

$$12 = v_0 + 0,5 a$$

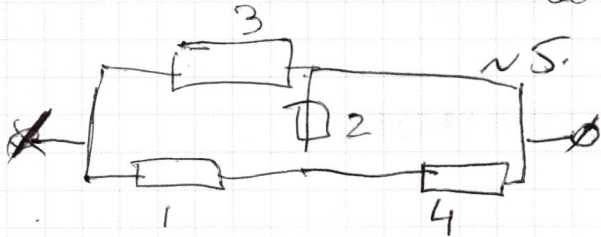
$$12 = v_0 + 1,6$$

$$v_0 = 10,4 \quad \checkmark \quad \text{при остановке}$$

Если козду движется;  $v = 0$ ;  $v = v_0 - a t$ ;  $0 = 10,4 - 3,2 t \Rightarrow t = 3,25 \text{ с}$   
 На обороте:

$$t = \frac{3,1}{10,4} = \frac{10,4}{3,1} = 3,4$$

Ответ:  $t = 3,4$  с.

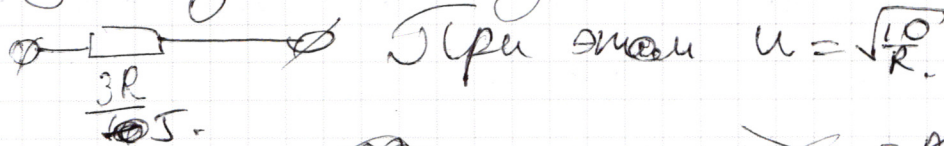


Пусть сопротивление резистора  $R$ .

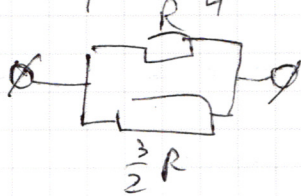
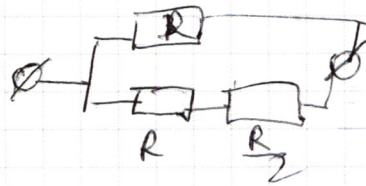
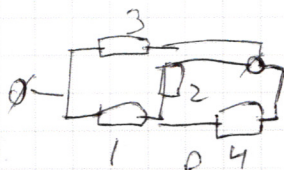
$$P = UI^2 \quad ; \quad I = \frac{U}{R} \Rightarrow P = U^2 R, \text{ м.к.}$$

$$10 = U^2 \cdot R \Rightarrow U^2 = \frac{10}{R} ; U = \sqrt{\frac{10}{R}}$$

Эту схему можно заменить на эквивалентную



$$P = UI^2 = \frac{10}{R} = U^2 R = \frac{10}{R} \cdot \frac{3R}{5} = 3 \text{ Вт.}$$



$$\frac{R \cdot 3R}{2} = \frac{3}{2} R = \frac{3}{5} R$$

$$P = U^2 \cdot R = \frac{10}{R} \cdot \frac{3}{5} \cdot R = 6 \text{ Вт.}$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:  
 $m_1 = 2 \text{ кг}$   
 $t_1 = -5^\circ\text{C}$

$Q_b = Q_{\text{м. льда}} + Q_{\text{нагрева льда}}$

$Q = \lambda \cdot m$

$4200 \cdot 0,2 \cdot 5^\circ = \lambda \cdot m_p + 2100 \cdot 5 \cdot 5$

$4200 =$

$Q_{\text{н. в}} + Q_{\text{кв}} = Q_{\text{м. л.}} + Q_{\text{нагр. льда}}$

$4200 \cdot + \lambda \cdot m_p =$

$4200 + \lambda \cdot m_{\text{кв}} = 52500 + \lambda \cdot m_p$

Пикетаж  $m_p = 5 \text{ кг} = m_{\text{м. льда}}$

$4200 + 330000 \cdot m_{\text{кв}} = 52500 + 330000 \cdot (5 - m_{\text{м. л.}})$

$4200 + 330000 m_{\text{кв}} = 52500 + 330000 \cdot 5 - 330000 m_{\text{м. л.}}$

$330000 (m_{\text{кв}} + m_{\text{м. л.}}) = 52500 + 330000 \cdot 5 - 4200$

$m_{\text{кв}} + m_{\text{м. л.}} = \frac{52500 - 4200}{330000} + 5$

$= \frac{48300}{330000} + 5$

$\frac{483}{3300} + 5 \approx 5 + \frac{589}{3300} =$

$= 5 + \frac{5}{33} \approx 5 + \frac{5}{30} \approx 5 + \frac{1}{6} \approx$

$\approx 5,16$

$4200 \text{ Дж.}$

$2100 \cdot 2 \cdot 5$

$21000$

$$\begin{array}{r} 4200 \\ 8400 \\ \hline 4200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2100 \\ 25 \\ \hline 10500 \\ 42 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2100 \\ 25 \\ \hline 105 \\ 4200 \\ \hline 52500 \\ 4200 \\ \hline 48300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 525 \\ 42 \\ \hline 63 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 146 \\ 010,16 \\ \hline 10 \\ 6 \\ \hline 40 \\ 26 \\ \hline 4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 48300 \\ 330000 \\ \hline 910000 \\ 2142000 \\ \hline 1689000 \end{array}$$



$$I_2 = U_0 \cdot 1 + \frac{a \cdot 1}{2}$$

$$I_2 = 1,5 \cdot U_0 + \frac{a \cdot 2,25}{2}$$

$$U_I = U_0 - a \cdot I_1$$

$$U_1 = U_0 - a \cdot I_1$$

$$I_2 = U_0 - \frac{1}{2} a$$

$$I_2 = 1,5 (U_0 - a) + \frac{2,25}{2} a$$

$$I_2 = U_0 - \frac{1}{2} a$$

$$I_2 = 1,5 U_0 - 1,5 a + \frac{2,25}{2} a$$

$$I_2 = 1,5 U_0 - 0,25 a$$

~~$$I_2 = 2 U_0$$~~

$$I_2 = U_0 - 0,5 a$$

$$\begin{cases} 24 = 326 - 0,5 a \\ 12 = 26 - 0,5 a \\ 36 = 426 \end{cases}$$

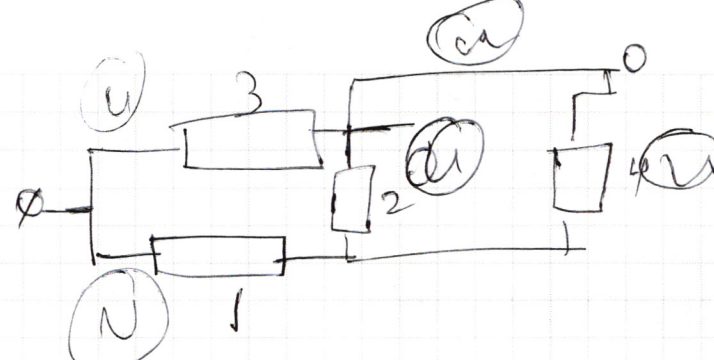
$$U_0 = 9, \quad 12 = 9 - 0,5 a$$

$$-0,5 a = 3$$

$$a = -6$$

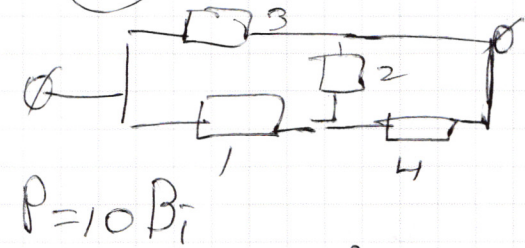
$\frac{225}{200} \cdot \frac{200}{125}$   
 $\frac{250}{200}$   
 $\frac{500}{100}$   
 $\frac{1000}{1000}$   
 $\frac{1100}{1000}$

$V_1 = 3 \mu C$   
 $S = 3 \mu C \cdot 1,5 \cdot \frac{6 \cdot 1,5}{2}$   
 $S = 4,5 - 4,5$

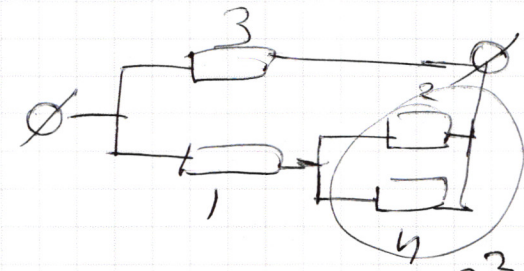


$$I = \frac{U}{R}$$

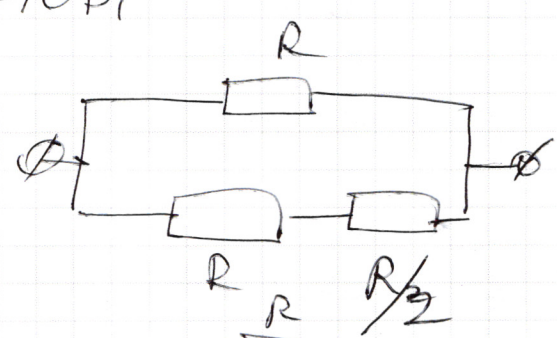
$$I = \frac{U}{R}$$



$$P = 10 B_i$$



$$(2) - (4) = \frac{R^2}{2P} = \frac{R}{2}$$



$$\frac{\frac{R}{2} \cdot \frac{3}{2}}{\frac{5}{2} R} = \frac{3R}{5} = \frac{3R \cdot 2}{4 \cdot 5} = \frac{3R}{10}$$



$$\frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} R^2 = \frac{3R}{5} \cdot R = \frac{3R}{5} R$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\tau_1 = 1 \text{ с}$   
 $\tau_2 = 1,5 \text{ с}$   
 $L = 12 \text{ м}$   
 $T = ?$

$L = v_0 t + \frac{at^2}{2}$

$v_0 = v_0 + at$

$\begin{array}{r} 104 \overline{) 131} \\ \underline{93} \phantom{0} \\ 130 \phantom{0} \\ \underline{124} \phantom{0} \\ 60 \phantom{0} \end{array}$

Пошажем движение 1-го вагона:  
 $L = v_0 \cdot \tau_1 + \frac{a \cdot \tau_1^2}{2}$  ( $v_0$  - скорость в начале наблюдения)

2-го вагона:  
 $L = v_1 \cdot \tau_2 + \frac{a \tau_2^2}{2}$  ( $v_1$  - скорость после прохода 1-го вагона)

Учитывая что  $v = v_0 - at$   
 $v_1 = v_0 - a\tau_1$ , подставим:

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

$$\begin{cases} 12 = 10 + 0,5a \\ 12 = 15 - 1,5a + \frac{2,25a}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 12 = 10 + 0,5a & (1) \\ 12 = v_0 - 0,5a & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 24 = 3v_0 - 0,5a \\ + 12 = v_0 - 0,5a \\ \hline 36 = 4v_0 \\ v_0 = 9 & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 12 = v_0 + 0,5a \\ 12 = 1,5v_0 - 0,25a \end{cases} \cdot 2$$

$$\begin{cases} 12 = v_0 + 0,5a \\ + 24 = 3v_0 - 0,5a \\ \hline 36 = 4v_0 \\ v_0 = 9 \text{ м/с} \end{cases}$$

$(3) \rightarrow (2): 12 = 9 - 0,5a$   
 $0,5a = -3$   
 $a = \frac{-3}{0,5} = -\frac{6}{1} = -6 \text{ м/с}^2$

м на оброне.

Если поезд останавливается, то  $v=0$

$$v = v_0 + at$$

$$0 = 9 + (-6) \cdot t$$

$$6t = 9$$

$$t = \frac{9}{6} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ с.}$$

$$v_0 = v_0$$

$$v_I = v_0 - a$$

$$\begin{cases} 12 = v_0 + 0,5a \\ 12 = (v_0 - a) \cdot 1,5 + 1,125a \end{cases}$$

$$\begin{cases} 12 = v_0 + 0,5a \\ 12 = 1,5v_0 - 1,5a + 1,125a \end{cases}$$

$$\begin{cases} 12 = v_0 + 0,5a \\ 12 = 1,5v_0 - 0,375a \end{cases} \begin{array}{l} | \cdot 3 \\ | \cdot 2 \end{array}$$

$$\begin{cases} 36 = 3v_0 + 1,5a \\ 24 = 3v_0 - 0,75a \end{cases}$$

$$12 = 1,5a + 0,75a$$

$$12 = 2,25a$$

$$a = \frac{12}{2,25} = \frac{1200}{225} = \frac{2 \cdot 1200}{450} = \frac{2 \cdot 120}{45} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 2}{3 \cdot 3 \cdot 5} = \frac{16}{3} = 5 \frac{1}{3} \text{ м/с.}$$

$$\begin{array}{r} 450 \\ 3 \\ \hline 1350 \end{array}$$

$$\vec{T} = a_4$$

$$mg =$$

$\frac{v}{R}$   
 $\vec{T} =$   
 ~~$\vec{T} =$~~

$$P = v \cdot T \cdot R$$

$$P = v \cdot \vec{T} \cdot R$$

$$\begin{array}{r} 1,500 \\ 1,125 \\ \hline 500 \\ 135 \\ \hline 375 \\ 2 \\ \hline 7,50 \\ 1,50 \\ \hline 2,25 \end{array}$$