

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр 1-005

(заполняется секретарём)

Вариант 09-04

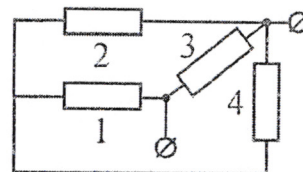
1 Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за $\tau_1 = 1$ с, а второй - за $\tau_2 = 1,5$ с. Длина каждого вагона $L = 12$ м. Через какое время T после начала наблюдения поезд остановился? В процессе торможения поезд движется по прямой равнозамедленно.

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/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

1. Дано:

$$T_1 = 1 \text{ с},$$

$$T_2 = 1,5 \text{ с}$$

$$L = 12 \text{ м}$$

$$T = ? \text{ с}$$

Решение

$$v = v_0 - at \Rightarrow v_1 = 12 - \frac{a}{2}; v_k = v_0 - at \Leftrightarrow v_0 = at$$

$$S = v_0 t - \frac{at^2}{2}; S = L \Rightarrow L = v_0 T_1 - \frac{aT_1^2}{2}$$

$$12 = v_0 - \frac{a}{2} \Leftrightarrow v_0 = 12 + \frac{a}{2}$$

$$L = v_1 T_2 - \frac{aT_2^2}{2}$$

$$12 = 12 - 0,15a - \frac{a \cdot 2,25}{2}$$

$$0 = -1,875 a$$

$$a = \frac{6,8}{1,5} = \frac{48}{15} = \frac{16}{5} = 3,2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right)$$

$$v_0 = at$$

$$0 = 12 + \frac{a}{2} \neq at$$

$$0 = 12 + 1,6 \cdot 3,2$$

$$T = \frac{19,6}{3,2} = 4,25 \text{ (с)}$$

Ответ: 4,25 (с)

2. Дано:

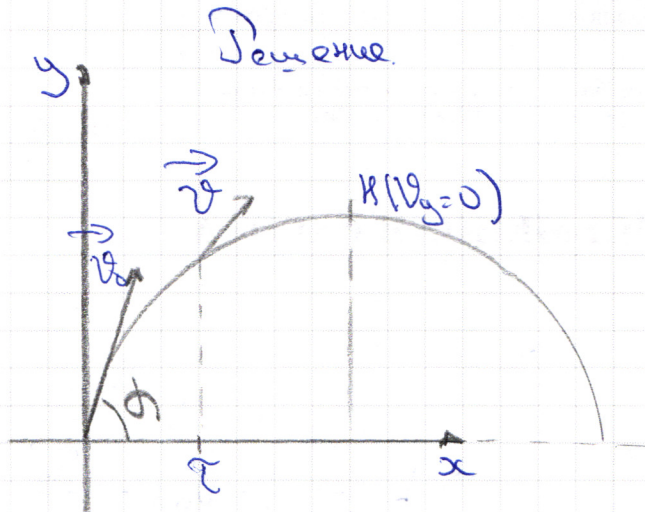
$$V_0 = 10 \frac{m}{c}$$

$$\tau = 0.5 c$$

$$g = 10 \frac{m}{c^2}$$

$$g = 10 \frac{m}{c^2}$$

H = ?



$$y = V_0 t - \frac{gt^2}{2}; H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$$

$$x = V_0 t \cos \alpha$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha - gt$$

$$V_x = V_0 \cos \alpha$$

$$V^2 = V_y^2 + V_x^2 = V_0^2 \sin^2 \alpha + g^2 t^2 - 2V_0 \sin \alpha gt + V_0^2 \cos^2 \alpha =$$
$$= V_0^2 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) + g^2 t^2 - 2V_0 \sin \alpha gt = V_0^2 + g^2 t^2 - 2V_0 \sin \alpha gt =$$
$$= 100 + 25 - 100 \sin \alpha$$

$$4g = 125 - 100 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{16}{100} = 0.16$$

$$H = \frac{100 \cdot 0.16^2}{10} = \frac{100 \cdot 0.0256}{10} = 3.156 \text{ (m)}$$

Ответ: 3,156 м.

$$80 m_3^2 - 8,25 m_3 - 0,42 = 0$$

$$m_3 = \frac{8,25 \pm \sqrt{\frac{1089}{16} + 134,4}}{160} = \frac{8,25 \pm 20}{160} \quad (\text{E})$$

$$m_3 = \frac{28,25}{160}$$

$$m_3 = \frac{-11,75}{160}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ \times 18 \\ \hline 108 \\ 180 \\ \hline 378 \\ 33 \\ \hline 1089 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 210 \\ \times 246 \\ \hline 1260 \\ 840 \\ \hline 51660 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ \times 18 \\ \hline 1638 \\ \hline 380 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 4,2 \\ \hline 64 \\ 128 \\ \hline 134,4 \end{array}$$

$0,18$
 $m_3 = 1,8 \text{ кг}$

$$\begin{array}{r} 3,3 \\ \times 1,8 \\ \hline 264 \\ 33 \\ \hline 594 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1089 \mid 16 \\ - 96 \\ \hline 129 \\ 128 \\ \hline 1 \end{array}$$

$$\Phi = 68 + 134,4 = 202,4 \approx 20^2$$

$$\frac{110}{4} \cdot 4 \cdot 20 =$$

$$\begin{array}{r} 11300 \mid 640 \\ - 640 \\ \hline 4900 \\ - 4900 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$8,4 \cdot 10^2 k - 4,2 \cdot 10^3 + 3,3 \cdot 10^5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-1} = 0$$

$$8,4 k - 42 + 3,3 \cdot 1,8 \cdot 10^2 = 0$$

$$8,4 k = 420 - 4,2 \cdot 10^2 + 59,4 \cdot 10$$

$$k = \frac{-59,2 \cdot 10}{8,4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

У. Дано:

$m_1 = 2 \text{ кг}$

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

$m_2 = 0,2 \text{ кг}$

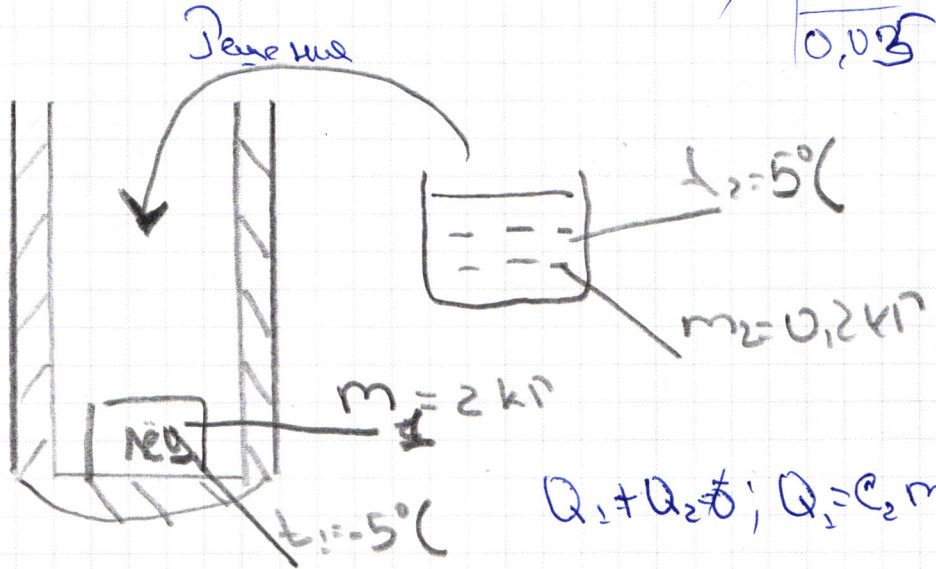
$t_2 = 5^\circ \text{C}$

$c_1 = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$

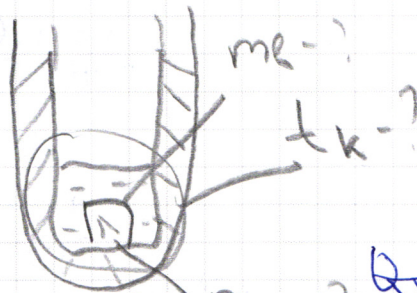
$c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$

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

$m_3(\text{кг}) = ?$



$Q_1 + Q_2 = 0; Q_1 = c_2 m_2 (t_k - t_2) =$
 $= 42 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-1} \cdot (t_k - 5) =$
 $= 8,4 \cdot 10^3 t_k - 4,2 \cdot 10^3 \text{ (Дж)}$



$Q_2 = \lambda m_3 = 3,3 \cdot 10^5 m_3$

$Q_3 = Q_2 = c_1 m_3 (t_k - t_1) =$

$8,4 \cdot 10^3 t_k - 4,2 \cdot 10^3 + 3,3 \cdot 10^5 m_3 = 0 \text{ (1)}$

$8,4 \cdot 10^3 t_k - 4,2 \cdot 10^3 + 2,1 \cdot 10^3 m_3 t_k + 1,05 \cdot 10^6 m_3 = 0$

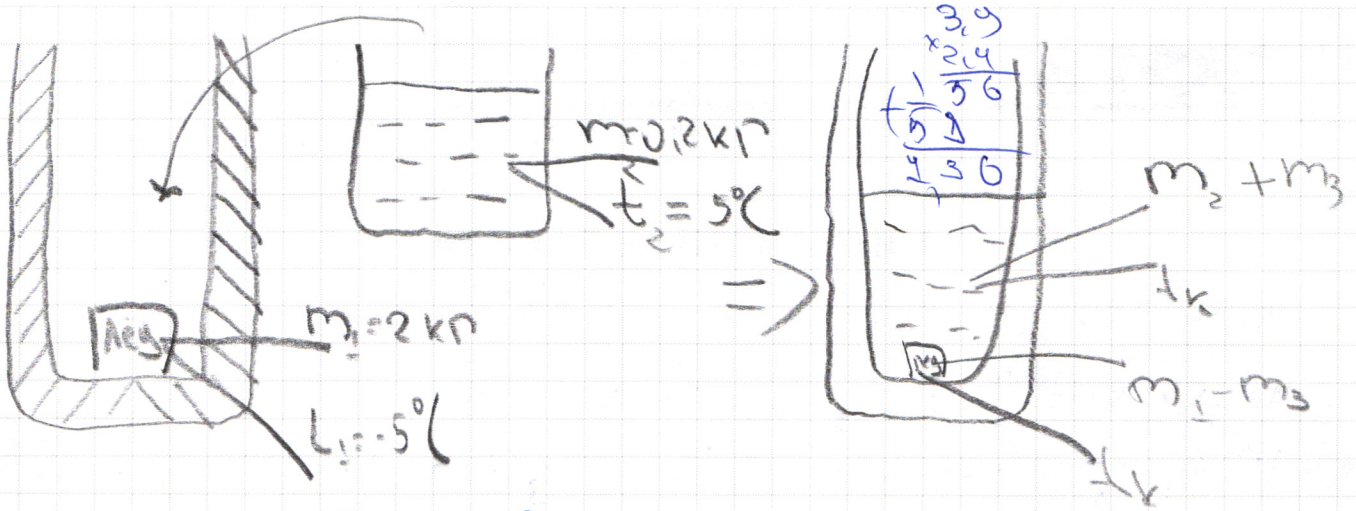
$8,4 \cdot 10^3 t_k - 4,2 \cdot 10^3 + 2,1 \cdot 10^3 m_3 t_k + 1,05 \cdot 10^6 m_3 = 0 \text{ (2)}$

893	380
612	0802
210	
-1680	

$8,4 t_k - 4,2 \cdot 10 + 3,3 \cdot 10^3 m_3 = 0$
 $3,3 \cdot 10^3 m_3 = 4,2 \cdot 10 - 8,4 t_k$

$8,4 t_k = 4,2 \cdot 10 - 3,3 \cdot 10^3 m_3$
 $t_k = \frac{42 - 3300 m_3}{8,4}$

(2) $42 - 33 \cdot 10^3 m_3 + 2,1 \cdot 10^3 m_3$
 $4,2 \cdot 10^{-1} - 3,3 \cdot 10^4 m_3 + 2,1 \cdot 10^3 m_3$
 $4,2 \cdot 10^{-1} + 1,2 \cdot m_3 + \frac{864}{8,4} m_3 - \frac{6193 \cdot 10^2 m_3^2}{8,4} = 0$
 $4,2 \cdot 10^{-1} + 8,25 m_3 - 8,4 \cdot 10 m_3^2 = 0$



$$Q_1 = c_2 m_2 (t_k - t_2) = 8.4 \cdot 10^3 t_k - 4.2 \cdot 10^3$$

$$Q_2 = \lambda m_3 = 9.9 \cdot 10^5 m_3$$

$$t_k = \frac{1}{2} - 3.4 \cdot 10^2 m_3$$

$$Q_3 = \lambda (m_2 + m_3) = 6.6 \cdot 10^5 - 3.3 \cdot 10^5 m_3$$

$$Q_4 = c_2 (m_2 + m_3) (t_k - t_2) = 8.4 \cdot 10^3 t_k - 4.2 \cdot 10^3 + 4.2 \cdot 10^3 m_3 t_k - 2.1 \cdot 10^3 m_3$$

$$6.6 \cdot 10^5 - 3.3 \cdot 10^5 m_3 + 8.4 \cdot 10^3 (4.2 \cdot 10^2 (1 - 1.8 \cdot 10^2 m_3 - 10) + 2.1 \cdot 10^3 (1 - 1.8 \cdot 10^2 m_3 - 10)) = 0$$

$$6.6 \cdot 10^5 - 3.3 \cdot 10^5 m_3 + (4.5 m_3 + 9) (4.2 \cdot 10^2 + 2.1 \cdot 10^3 m_3) = 0$$

$$6.6 \cdot 10^5 - 3.3 \cdot 10^5 m_3 - 2.1 \cdot 10^2 (35.6 m_3 t_{18} + 18 m_3^2 + 8 m_3) = 0$$

$$6.6 \cdot 10^5 - 3.3 \cdot 10^5 m_3 - 2.1 \cdot 10^2 (2.46 m_3 - 2.1 \cdot 18 \cdot 10^3 - 2.1 \cdot 10^2 \cdot 7.8 m_3^2) = 0$$

$$6.6 \cdot 10^5 - 3.3 \cdot 10^5 m_3 - 51.6 m_3 - 16.38 m_3^2 = 0$$

$$16.38 m_3^2 + 381.6 m_3 - 656.22 = 0$$

$$4.2 \cdot 10^3 t_k + 2.1 \cdot 5 \cdot 10^3 - 2.1 \cdot 10^3 t_k m_3 - 2.1 \cdot 5 \cdot 10^3 m_3 + 8.4 \cdot 10^3 t_k - 4.2 \cdot 10^3 + 4.2 \cdot 10^3 m_3 t_k - 2.1 \cdot 10^3 m_3 = 0$$

$$2 \cdot 10^3 t_k - 5 \cdot 10^3 - 10^3 t_k m_3 - 5 \cdot 10^3 m_3 + 4 \cdot 10^3 t_k - 2 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^3 m_3 t_k - 10^4 m_3 = 0$$

$$2.4 t_k + 9 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^3 m_3 t_k - 10^4 m_3 = 0$$

$$4.2 - 1.36 \cdot 10^3 m_3 + 3 + 0.1 m_3 - 3.9 \cdot 10^2 m_3^2 - 10 m_3 = 0$$

$$3.9 \cdot 10^2 m_3^2 + 14.5 \cdot 10 m_3 + 4.2 = 0$$

$$m = \frac{-145 \pm \dots}{2 \cdot 390}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q_1 = 4,2 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^2 (t_k - 5) = 8,4 \cdot 10^5 t_k - 4,2 \cdot 10^3 \quad (\text{Дж})$$

~~$$Q_2 = 1 m = 6,6 \cdot 10^3 (10 t_k)$$~~

$$Q_2 = 1 m_3 = 3,3 \cdot 10^5 m_3$$

~~$$8,4 \cdot 10^5 t_k - 4,2 \cdot 10^3 = 6,6 \cdot 10^3 \cdot 10 t_k$$~~

$$Q_3 = c_2 \cdot m_3 (t_k - t_{\text{н}}) = 2,1 \cdot 10^3 m_3 t_k + 1,05 \cdot 10^4 m_3$$

~~$$8,4 t_k = 6,6 \cdot 10 = 6,558 \cdot 10^3$$~~

$$\begin{cases} Q_1 + Q_2 = 0 \\ Q_1 + Q_3 = 0 \end{cases}$$

~~$$t_k = \dots$$~~

$$\begin{array}{r} 33084 \\ 252 \overline{) 0592} \approx 0,39 \\ \underline{180} \\ 150 \\ \underline{150} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 42 \\ 118 \\ \underline{33} \\ 254 \\ \underline{254} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ 39 \\ \underline{189} \\ 160 \\ \underline{160} \\ 0 \end{array}$$

$$Q_2 = Q_3$$

$$3,3 \cdot 10^5 m_3 = 1,05 \cdot 10^4 m_3 + 2,1 \cdot 10^3 m_3 t_k$$

~~$$2,1 \cdot 10^3 m_3 t_k = 3,195 \cdot 10^5 m_3$$~~

~~$$t_k = \dots$$~~

$$Q_1 + Q_3 = 0 \quad 8,4 \cdot 10^5 t_k - 4,2 \cdot 10^3 + 3,3 \cdot 10^5 m_3 = 0$$

$$8,4 t_k = 4,2 - 3,3 \cdot 10^3 m_3$$

$$t_k = \frac{4,2}{8,4} - 3,9 \cdot 10^3 m_3$$

$$Q_3 = 2,1 \cdot 10^3 m_3 t_k + 1,05 \cdot 10^4 m_3 = m_3 (1,05 \cdot 10^3 + 1,05 \cdot 10^3 t_k - 8,19 \cdot 10^5)$$

~~$$Q_1 = 8,4 \cdot 4,2 \cdot 10^2 (t_k - 5) = 4,2 \cdot 10^2 (t_k - 5) = -9,42 \cdot 10^2 - 3,246 \cdot 10^5 m_3$$~~

~~$$= -3,18 \cdot 10^3 = 3,246 \cdot 10^5 m_3$$~~

$$3,248 \cdot 10^3 - 3,246 \cdot 10^5 m_3 =$$

~~$$0,1155 \cdot 10^4 m_3 - 3,19 \cdot 10^5 m_3 - 9,42 \cdot 10^2$$~~

$$\begin{array}{r} 31 \\ 3,246 + 8,19 = 0,1155 \cdot 10^2 = 3,48 \cdot 10^3 \end{array}$$

2. Дано:

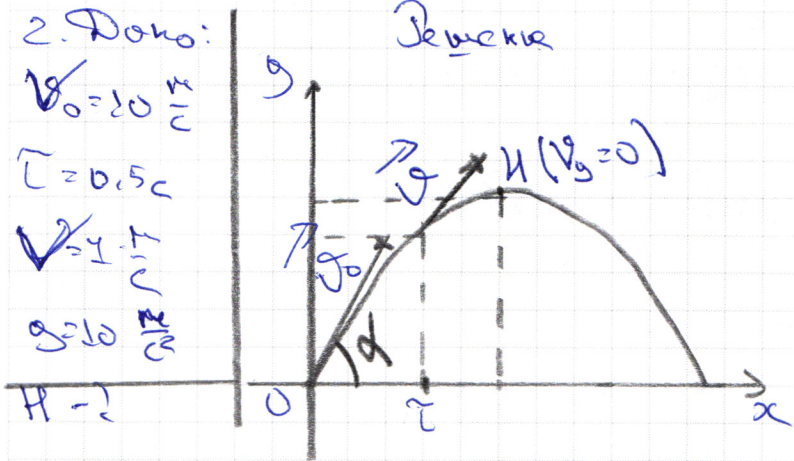
$v_0 = 20 \text{ м/с}$

$t = 0.5 \text{ с}$

$v = 4 \text{ м/с}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

Решение



$y = h_0 + v_{y0} t - \frac{g t^2}{2}$

$x = v_{x0} t$

$v_y = \sin \alpha v_0 - g t$

$v_{x0} = v_0 \cos \alpha$

345
x 445

4525
4520
5215
569025

$v_0^2 = \sqrt{v_{y0}^2 + v_{x0}^2} = \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + v_0^2 \cos^2 \alpha} =$
 $= \sqrt{v_0^2 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)} = v_0$

$v = \sqrt{v_y^2 + v_{x0}^2} = \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + g^2 t^2 - 2 v_0 \sin \alpha g t + v_0^2 \cos^2 \alpha} =$

569025

$= \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2 - 2 v_0 \sin \alpha g t} = \sqrt{100 + 25 - 100 \sin \alpha} = \sqrt{125 - 100 \sin \alpha}$

$40 = \sqrt{125 - 100 \sin \alpha}$

$\sin \alpha = \frac{16}{100} = 0.16$

$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = \frac{100 \cdot 0.0256}{10} = 3.56 \text{ (м)}$

Ответ: 3.56 м

x 390.0
x 26.8

0.0

0.16
x 0.16

4.56
37.82

0.3526

x 108
x 350

0000
13722
504

63620
569025

132645

132645 | 3

4495 3.5805
12

64
63

15

3.5.5.55
2.5.5.5.35
3.5.5.5.5.1

$25 \sqrt{21} \approx 25 \cdot 4.6 = 115$

x 418
x 10

10924

x 414
x 14

1588

x 46
x 16

116

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$L_1 = 8 \text{ с,}$$

$$L_2 = 1,5 \text{ с}$$

$$L = 12 \text{ м}$$

$T = ?$

Решение.

$$s = v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

$$v = v_0 - at$$

$$12 = v_0 - \frac{a}{2}$$

$$v_1 = v_0 - a$$

$$v_0 = 12 - \frac{a}{2}$$

$$v_2 = 12 - 1,5a$$

$$s = v_1 t - \frac{at^2}{2}$$

$$12 = 1,5(12 - 1,5a) - \frac{a \cdot 2,25}{2}$$

$$12 = 18 - 2,25a - 1,125a$$

$$6 = 3,375a$$

$$3,375a = 6$$

$$a = \frac{6 \cdot 8}{27}$$

$$a = \frac{1,36}{27} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right)$$

$$v_k = v_0 - at$$

$$0 = 12 - \frac{48}{27}t - \frac{48}{27}t$$

$$\frac{48}{27}t = 12 - \frac{48}{27}$$

$$\frac{48}{27}t = \frac{11}{3}$$

$$t = \frac{100 - 27}{27 \cdot \frac{48}{27}} = 6,25 \text{ с}$$

Ответ: 6,25 с

$$\begin{array}{r} 136 \\ \underline{128} \\ 80 \\ \underline{64} \\ 160 \\ \underline{160} \\ 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 32 \\ \underline{4,25} \end{array}$$

$$\frac{136}{3,2} = \frac{160}{0}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

1-005

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)