

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр 15-014

(заполняется секретарём)

Вариант 09-04

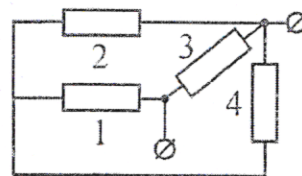
1 Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за $\tau_1 = 1$ с, а второй - за $\tau_2 = 1,5$ с. Длина каждого вагона $L = 12$ м. Через какое время T после начала наблюдения поезд остановился? В процессе торможения поезд движется по прямой равнозамедленно.

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

$$(v_y - 6)^2 + v_x^2 = 49$$

$$\begin{cases} v_y^2 + v_x^2 = 100 \\ (v_y - \frac{a}{t})^2 + v_x^2 = 49 \end{cases} \quad v_y = 100 - v_x^2$$

$$v_x^2 = 100 - v_y^2$$

$$(v_y - \frac{a}{t})^2 + 100 - v_y^2 = 49$$

$$v_y^2 + \frac{a^2}{t^2} + 100 - v_y^2 = 49$$

$$100 - \frac{a^2}{t^2} = 49$$

$$100 - \frac{a^2}{0,5^2} = 49$$

2. Дано:

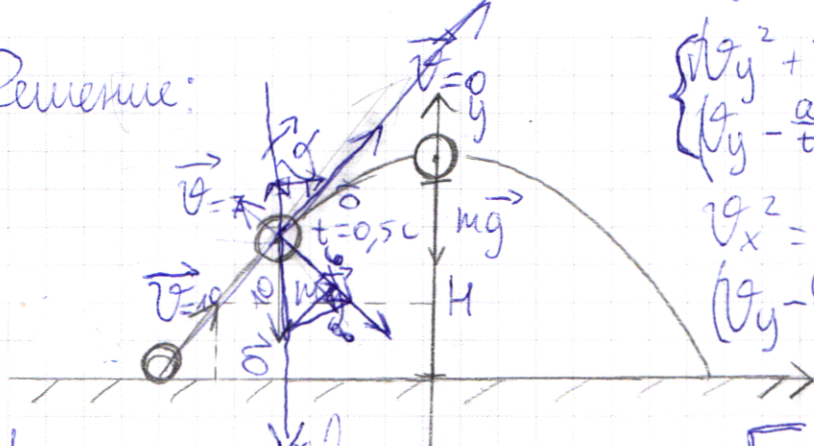
$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$v = 7 \text{ м/с}$$

$$t = 0,5 \text{ с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:



Найти:

$$H = ?$$

Из рисунка видно, что силу F начинают измерять мг. Бросив мяч, ему придали начальную линейную скорость. Эта скорость начинает уменьшаться под действием g (частиц), в итоге на высоте скорости стала равна 0. Так как скорость отсчитывается от земли, можно сказать, что проекция на Ox v на $t=0,5$ равна 7 м/с . Ускорение $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{7 \text{ м/с} - 10 \text{ м/с}}{0,5 \text{ с}} = -6 \text{ м/с}^2$

$$(100 - v_x - \frac{a}{t})^2 + v_x^2 = 49$$

$$100 - \frac{a^2}{t^2} = 49$$

$$100 - \frac{a^2}{0,5^2} = 49$$

$$51 = \frac{a^2}{0,5^2}$$

$$102$$

$$25,5 = a^2$$

$$a = 1,5 \text{ м/с}^2$$

Так как v - векторная величина, и в начале опыта мяч бросили с нулевой скоростью, ее можно разложить на проекции по осям. На ось y действует g , проекция на ось x не изменяется

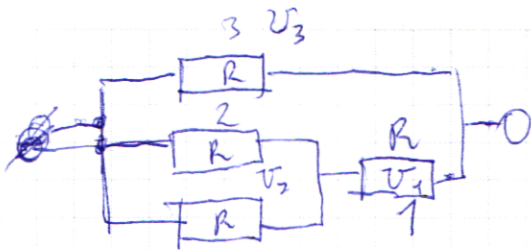
$$v_y^2 - 2v_y + 36 = -v_y^2 + 100 = 49$$

$$12v_y = -$$

$$1$$

$$-12v_y = -$$

$$-12v_y = -$$



$$U$$

$$I_2 = \frac{1}{2} I_1$$

$$U_2 = \frac{1}{2} I_1 R$$

$$U_1 = I_1 R$$

$$R_{\text{adys}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{\frac{3R}{2}}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{2}{3R}} = \frac{1}{\frac{3+2}{3R}} = \frac{3R}{5}$$

$$U_{\text{adys}} = \frac{1}{2} I_1 R + I_1 R$$

$$R_{24} = \frac{R}{R} \cdot \frac{1}{R} = \frac{1}{R} \quad R_{24} = \frac{R}{2} \quad P = I_1^2 R$$

$$R_{124} = \frac{R}{2} + R = \frac{R}{2} + \frac{2R}{2} = \frac{3R}{2}$$

$$U_2 = U_4 = U_{24}$$

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{15 I_1 R^2}{2}$$

~~R₂₄~~

$$U_{124} = U_{24} + U_1$$

~~$$R \cdot U = P$$~~

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

$$U_3 = U_{24} + U_1 = U_{124}$$

$$U_{\text{adys}} = U_2 + U_1 \quad U_{\text{adys}} = \frac{1}{2} I_1 R + I_1 R =$$

$$U_2 = I_1 R$$

$$U_2 = U_{\text{adys}} - U_1 = \frac{3}{2} I_1 R$$

$$I_{24} = I_1 \quad I_{\text{adys}} = \frac{U_{\text{adys}}}{\frac{3R}{2}}$$

$$P_{U_1} = \frac{R}{I} = \sqrt{PR}$$

$$I_{\text{adys}} = \frac{U_2 + U_1}{R} \quad I_1 = \frac{U_2}{I_2 R} \quad I_2 = \frac{1}{2} I_1$$

$$P_2 = \frac{1}{4} P_1 = \left(\frac{1}{2} I_1\right)^2 R$$

~~$$\frac{1}{2} I_1 R + I_1 R = U_2 + U_1$$~~

$$U_{U_2} = \frac{3}{2} I_1 R$$

$$\frac{3}{2} I_1 R : \frac{3}{2} R = \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot I_1 R \cdot R =$$

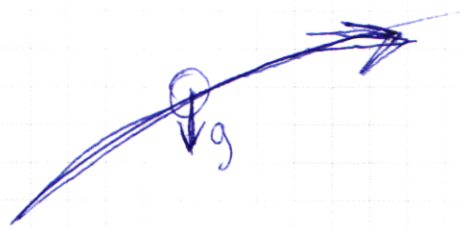
$$\frac{1}{2} I_1 R + \left(\frac{3}{2}\right)^2 I_1 R \quad P_1 = I_1^2 R = I_1 R^2 =$$

$$P_{\text{adys}} =$$

$$P_{\text{adys}} = \frac{9}{4} I_1^2 R^2 : \frac{3}{2} R = \frac{9}{4} \cdot \frac{2}{3} \cdot I_1^2 R^2 R =$$

$$= \frac{3 \cdot 9 I_1^2 R^2}{4} \cdot \frac{2}{3R} = \frac{3 I_1^2 R}{2} = \frac{3}{2} \cdot 10 \text{ Bm} = \frac{30 \text{ Bm}}{2} = \underline{15 \text{ Bm}}$$

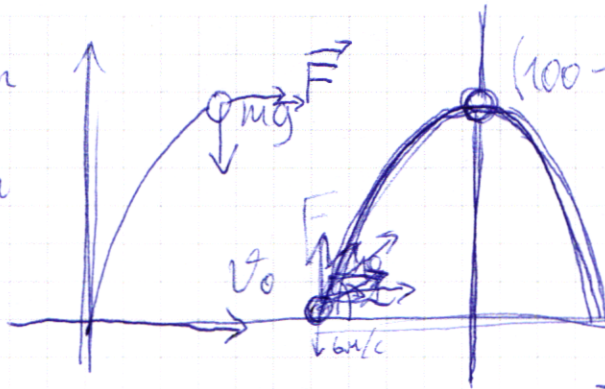
$$\frac{50}{4} = \frac{25}{2} = 12,5$$



$$6 \text{ m/s}^2 = a$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3. $E_{k1} = E_{k2} + E_{п}$
 $\frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2} + mgh$
 $\frac{V_1^2}{2} = \frac{V_2^2}{2} + gh$



$100 - 2a = 100 - 12 = 88$
 $\frac{100 - 50 \cdot \frac{5}{3}}{2} = 8,3$
 $100 \cdot \frac{1}{2} = 50$
 $50 - 2,25 = 47,75$
 $2 \cdot 6,7554 \cdot 100 = 1351,08$
 $\frac{6,70 \cdot (100 - 100)}{2} = 0$

$E_{k1} = E_{п2}$

$\frac{mV_1^2}{2} = mgh_{\max}$

$\frac{10^2}{2} = 10 \cdot h$

$\frac{100}{2} = 10 \cdot h = 50 = 10 \cdot h \Rightarrow h = 5$

$a = 6 \text{ м/с}^2 = g \cdot \sin \alpha$

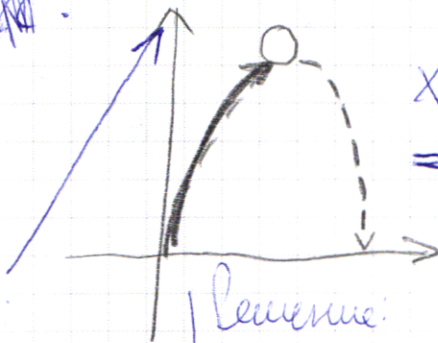
Ибо за половину секунды увеличилась скорость

от 10 до 0

$\frac{10 \text{ м/с}}{3 \text{ м/с}^2} \approx 3,3 \text{ с}$

$16,5 \text{ м/с}^2$?

на



$l = \frac{10 \cdot 3}{9 \cdot 3} = \frac{10}{9}$

Ибо параболы

$X = X_0 + V_0 t + \frac{at^2}{2} = V_0 t + \frac{at^2}{2}$
 $= 10 \text{ м/с} \cdot t + \frac{6 \cdot t^2}{2}$

$\frac{1}{7} \cdot \frac{1}{7} = \frac{1}{49}$

$\frac{1,66}{1,66} = 1$
 $\frac{6}{10} = \frac{3}{5} = 0,6$
 $\frac{4}{10} = \frac{2}{5} = 0,4$

4. Дано

$m_1 = 2 \text{ кг}$

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

$m_2 = 0,2 \text{ кг}$

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

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

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

$\lambda = 330000 \text{ Дж/кг}$

Решение:

m_3 - масса льда для установления равновесия

~~$m_1 = m_3$~~

$Q_{T1} + Q_{T2} + Q_{T3} = 0$

~~$m_1 c_1 \Delta t + (m_1 - m_3) \lambda + m_2 c_2 \Delta t = 0$~~

$2 \text{ кг} \cdot 2100 \cdot 5 + (2 - m_3) 330000 + 0,2 \cdot 4200 \cdot (-5) = 0$

$21000 + 660000 - 330000 m_3 = 4200$

$$R_{12} = \frac{R}{2} + R = \frac{3R}{2}$$

$$21000 + 660000 - 330000 m_3 = 4200$$

$$681000 - 330000 m_3 = 4200$$

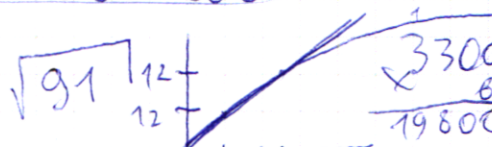
$$-330000 m_3 = 4200 - 681000$$

$$330000 m_3 = 6805800$$

$$\frac{1}{3R} + \frac{1}{R} = \frac{1}{R_{\text{общ}}}$$

$$\frac{1}{3R} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{19800}$$

$$\frac{1}{6R} \cdot \frac{1}{6R} = \frac{1}{7800}$$



$$Q_{11} = m_2 c_2 \Delta t = 0,2 \text{ кг} \cdot 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$$

$$\cdot 5 \text{ К} = 0,2 \cdot 5 \cdot 4200 = 1 \cdot 4200 = 4200 \text{ Дж}$$

$$Q_{12} = 210000 \text{ Дж} - \text{умнож. на } 5 \text{ К}$$

$$0,2 \cdot 33000 = 6600 \text{ Дж} - \text{умнож. на } 5 \text{ К}$$

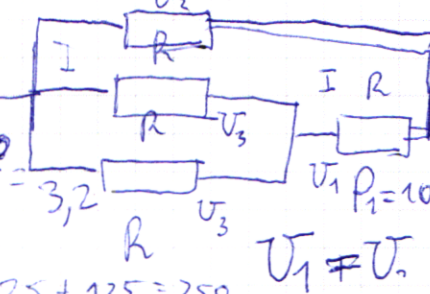
$$6600 \text{ Дж} + 4200 \text{ Дж} = 10800 \text{ Дж} < 21000 \text{ Дж}$$

$$m_{\text{ж}} = m_1 + m_2 = 1 \text{ кг} + 0,2 \text{ кг} = 1,2 \text{ кг}$$

$$5 \cdot \frac{400}{125} = \frac{x}{100}$$

$$\frac{6}{1,25} = \frac{800}{125} = \frac{2000}{500} = 3,2$$

$$\frac{R}{2} \cdot U = 6 \text{ м/с}$$



$$P = IU = \frac{U_{\text{общ}}}{R_{\text{общ}}} = RI^2$$

$$P_1 = ?$$

$$P = ?$$

$$a = \frac{v_a - v_b}{t}$$

$$(v_x - \frac{a}{0,5})^2 + v_y^2 = 10$$

$$t = \frac{-16,8}{-4,8} = 3$$

$$\frac{12}{1,5} - \frac{24}{3} = 8 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{ср}} = 0,5 \text{ с}$$

$$v_{\text{ср}} = 12 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{ср}} = 2 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{ср}} = 0,75 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{ср}} = 1,25 \text{ м/с}$$

U одушеє равна

$$U = U_1 + U_3$$

$$R = \frac{R}{2} + R$$

$$v_{\text{ср}} = 12 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{ср}} = 6 \text{ м/с}$$

$$12 - 3t = 0$$

$$U_1 + U_3 = U_2 = v_{\text{ср}}^2 = 2 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{ср}} = 0,75 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{ср}} = 1,25 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{ср}} = 0,75 \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. Дано:

$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

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

$$m_2 = 0,2 \text{ кг}$$

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

$$c_1 = 2100 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$$

$$c_2 = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$$

$$\lambda = 330000 \text{ Дж/кг}$$

Найти:

$$m_{\text{л}} = ?$$

Решение:

1 - лед 2 - вода

#

~~Q_{11} - количество на охлаждение воды до 0°C~~
 $^\circ \text{C}$ равны K

$$Q_{11} = m_2 c_2 (t_k - t_2) = 0,2 \text{ кг} \cdot 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$$

$$\cdot (0^\circ \text{C} - 5^\circ \text{C}) = 0,2 \text{ кг} \cdot (-5^\circ \text{C}) \cdot 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$$

$$= -1 \text{ кг}\cdot\text{C} \cdot 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K}) = -4200 \text{ Дж}$$

4200 Дж - отдаст вода на охлаждение до 0°C

$$Q_{12} = m_2 \lambda = 0,2 \text{ кг} \cdot 330000 \text{ Дж/кг} =$$

$$= 6600 \text{ Дж}$$

6600 Дж - нужно для превращения
воды при превращении в твердое
состояние.

$$Q_{13} = m_1 c_1 (t_k - t_1) = 2 \text{ кг} \cdot 2100 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$$

$$\cdot (0^\circ \text{C} - (-5^\circ \text{C})) = 2 \text{ кг} \cdot 5^\circ \text{C} \cdot 2100 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$$

$$= 21000 \text{ Дж}$$

21000 Дж - нужно для нагрева льда
до 0°C

$$Q_{13} > Q_{11} + Q_{12}$$

$$21000 \text{ Дж} > 4200 \text{ Дж} + 6600 \text{ Дж}$$

вода не даст нужного количества тепла для льда
 льду для его нагрева, вода сама станет льдом

$$m_3 = m_1 + m_2 = 2 \text{ кг} + 0,2 \text{ кг} = 2,2 \text{ кг}$$

Ответ: 2,2 кг

1. Дано: Решение:

$$t_1 = 1 \text{ с} \quad v_{cp1} = \frac{L}{t_1} = \frac{12 \text{ м}}{1 \text{ с}} = 12 \text{ м/с}$$

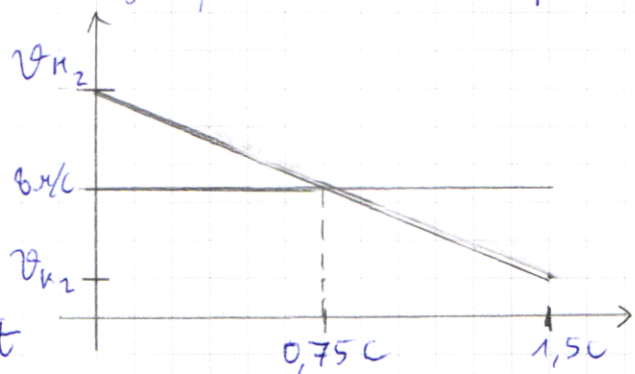
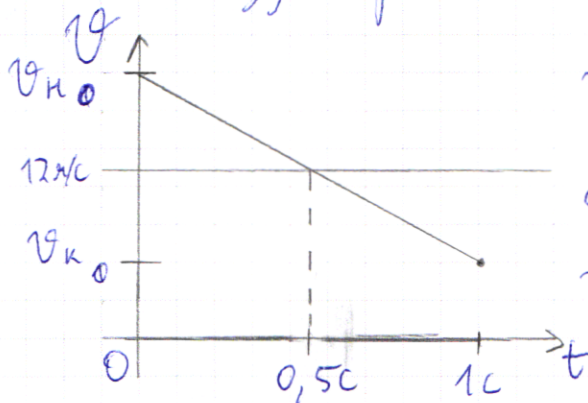
$$t_2 = 1,5 \text{ с} \quad v_{cp2} = \frac{L}{t_2} = \frac{12 \text{ м}}{1,5 \text{ с}} = 8 \text{ м/с}$$

$$L = 12 \text{ м}$$

Найти:

$$T = ?$$

Т.к. поезд движется равнозамедленно, можно
 сказать, что средняя скорость равна сумме
 начальной и конечной, поделянная на два,
 $\frac{v_0 + v_k}{2}$ и в половину временного промежутка
 поезд принимал эту среднюю скорость



$$1 \text{ с} + 1,5 \text{ с} = 2,5 \text{ с}$$

$$0,5 \text{ с} + 0,75 \text{ с} = 1,25 \text{ с}$$

Выходит, за промежуток t равный 1,25 с v
 уменьшилась на 4 м/с.

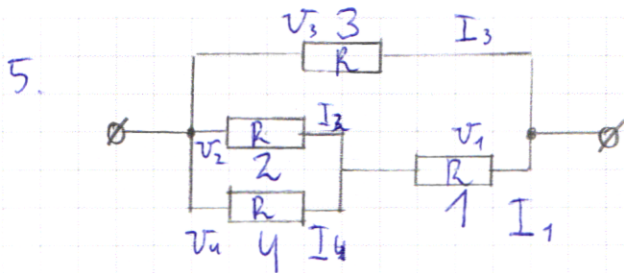
$$a = \frac{v_{cp} - v_{cp1}}{t} = \frac{8 \text{ м/с} - 12 \text{ м/с}}{1,25 \text{ с}} = \frac{4 \text{ м/с}}{1,25 \text{ с}} = 3,2 \text{ м/с}^2$$

$$v_{k0} = v_{cp1} - a \cdot 0,5 \text{ с} = 12 \text{ м/с} + 3,2 \text{ м/с}^2 \cdot 0,5 \text{ с} = 12 \text{ м/с} + 1,6 \text{ м/с} = 13,6 \text{ м/с} \text{ (начальная скорость на } t = 0 \text{ с)}$$

$$T = \frac{v_{k0} - v_{k3}}{a} = \frac{0 - 13,6 \text{ м/с}}{-3,2 \text{ м/с}^2} = \frac{-13,6 \text{ м/с}}{-3,2 \text{ м/с}^2} = 4,25 \text{ с}$$

Ответ: 4,25 с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P_1 = 10 \text{ Вт} = I_1^2 R$$

$$U_2 = U_4 \quad \left. \begin{array}{l} R \text{ одинак} \\ \Rightarrow \\ I_2 = I_4 \\ I_2 + I_4 = I_1 \\ I_2 = \frac{1}{2} I_1 = I_4 \end{array} \right\}$$

$$U_2 = U_4 = \frac{1}{2} I_1 R$$

$$U_{124} = U_2 + U_1 = \frac{1}{2} I_1 R + I_1 R = \frac{3}{2} I_1 R$$

$$U_{124} = U_3 = U_{\text{аку}}$$

$$\frac{1}{R_{24}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R} \quad R_{24} = \frac{R}{2}$$

$$R_{124} = R_{24} + R = \frac{R}{2} + R = \frac{3R}{2} = \frac{3}{2} R$$

$$R_{\text{аку}} =$$

$$\frac{1}{R_{\text{аку}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{\frac{3R}{2}} = \frac{1}{R} + \frac{2}{3R} = \frac{5}{3R} \quad R_{\text{аку}} = \frac{3R}{5} = \frac{3}{5} R$$

$$P = \frac{U_{\text{аку}}^2}{R_{\text{аку}}} = \frac{\left(\frac{3}{2} I_1 R\right)^2}{\frac{3}{5} R} = \frac{9}{4} I_1^2 R^2 \cdot \frac{5}{3R} = \frac{3}{4} I_1^2 R^2 \cdot \frac{5}{R} =$$

$$= 5 I_1^2 R : 4 = 5 P_1 : 4 = 5 \cdot 10 \text{ Вт} : 4 = 50 \text{ Вт} : 4 = 12,5 \text{ Вт}$$

Ответ: 12,5 Вт

3. Нить сперва занимает положение 90° к вертикали. Силы, которые действуют на шарик - F_T , $F_{\text{тяж}}$ сила тяжести, напряжение подвеса и центростре-

белая сила. В движение систему приводит собственная сила тяжести шарика. Т.к. шарик имеет траекторию полета окружности, на него действует центростремительная сила ~~с центром~~, и появляется центростремительное ускорение. Это ускорение направлено к точке прикрепления нити к какому-то предмету — центру окружности. Поэтому горизонтальное направление ускорения будет направлено тогда, когда нить займет горизонтальное положение ($\alpha = 90^\circ$).

Ответ: 90° .

2. Дано: Решение:

$v_0 = 10 \text{ м/с}$ На ~~это~~ камень, имеющий начальную ~~линию~~ вектору скорости, действует лишь собственная сила тяжести. Впоследствии сведет проекцию скорости к нулю в точке Н (камень брошен под углом, ~~для~~ являются проекции)

$v = 7 \text{ м/с}$

$t = 0,5 \text{ с}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

Найти:

$H = ?$

$$v_0^2 + v_0^2 = (10 \text{ м/с})^2 = 100 \text{ м}^2/\text{с}^2$$

Тем не менее, за $0,5 \text{ с}$ скорость изменилась на 3 м/с ($v - v_0$). По теор. Пифагора (проекции):

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{7 \text{ м/с} - 10 \text{ м/с}}{0,5 \text{ с}} = -\frac{3 \text{ м/с}}{0,5 \text{ с}} = -6 \text{ м/с}^2$$

~~$$\sqrt{v_x^2 + v_y^2} - \sqrt{(v_y - a_x t)^2 + v_x^2} = 3$$~~

$$v_x^2 + v_y^2 - (v_y^2 - 2a_x t v_y + a_x^2 t^2) = v_x^2 = 51$$

$$v_y^2 - v_y^2 + 2a_x t v_y - a_x^2 t^2 = 51$$

$$2a_x t v_y - a_x^2 t^2 = 51$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-014

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)