

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр 11-007

(заполняется секретарём)

Вариант 09-04

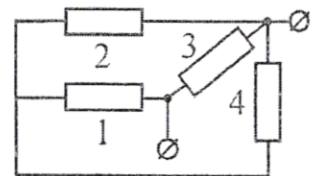
1 Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за $\tau_1 = 1$ с, а второй - за $\tau_2 = 1,5$ с. Длина каждого вагона $L = 12$ м. Через какое время T после начала наблюдения поезд остановился? В процессе торможения поезд движется по прямой равномерно.

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/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) v_0 - скорость в начале наблюдения.
 v_1 - скорость в начале второго участка.
 a - ускорение.

Дано:

$$t_1 = 1 \text{ с}$$

$$t_2 = 1,5 \text{ с}$$

$$L = 12 \text{ м}$$

$$v_1 = ?$$

Решение:

I-участок

II-участок

$$v_0$$

$$v_1$$

$$L$$

$$L$$

Для обоих участков пишем уравнение скоростей

I-участок

II-участок

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

$$v_1 t_2 - \frac{a t_2^2}{2} = L$$

$$v_0 \cdot 1 - \frac{a \cdot 1^2}{2} = 12$$

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

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

$$18 - \frac{1,5a}{2} - \frac{2,25a}{2} = 12 \quad | \cdot 2$$

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

$$36 - 1,5a - 2,25a = 24$$

$$v_1 = 12 + \frac{a}{2} - a \cdot 1 = 12 - \frac{a}{2}$$

$$36 - 3,75a = 24$$

$$\frac{12}{3,75} = a$$

$$a = 3,2 \text{ м/с}^2$$

Из второго уравнения мы находим a -ускорение. Теперь найдём v_0 :

$$v_0 = (12 + \frac{3,2}{2}) \text{ м/с} = (12 + 1,6) \text{ м/с} = 13,6 \text{ м/с}$$

Ответ: 4,25 с.

$$v_0 - at = 0$$

$$13,6 \text{ м/с} - 3,2 t = 0$$

$$13,6 \text{ м/с} = 3,2 t$$

$$t = \frac{13,6 \text{ м/с}}{3,2 \text{ м/с}^2} = 4,25 \text{ с}$$

2) V_x - скорость по оси x ; V_y - скорость по оси y .
 t - время / за которое V_y будет равен 0.

Дано:

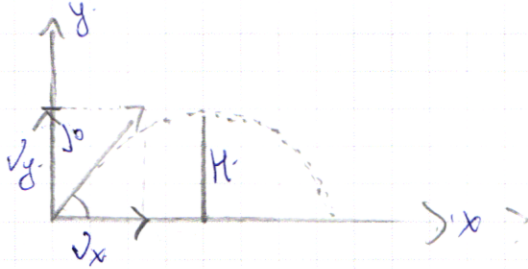
$$V_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$V = 7 \text{ м/с}$$

$$t = 0,5 \text{ с}$$

$$H = ?$$

Решение:



скорость по оси x :

$$V_x = V_0 \cos \alpha$$

скорость по оси y :

$$V_y = V_0 \sin \alpha$$

Так как там сказано что надо найти H - высоту значит как не курсера будет как найти

$$V_x =$$

$$\vec{V}_x + \vec{V}_y = \vec{V}$$

$$\begin{cases} V_x^2 + V_y^2 = V_0^2 \\ V_x^2 + (V_y - gt)^2 = V^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_x^2 + V_y^2 = 10^2 \\ 10^2 + (V_y - 0,5 \cdot 10 \text{ м/с}^2)^2 = 7^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_x^2 + V_y^2 = 100 \\ V_x^2 + (V_y - 5)^2 = 49 \end{cases}$$

$$\frac{V_x^2 + V_y^2}{100} - 2V_y \cdot 5 + 25 = 49$$

$$100 - 10V_y + 25 = 49$$

$$125 - 10V_y = 49$$

$$10V_y = 76 \text{ м/с}$$

$$V_y = 7,6 \text{ м/с}$$

$$V_y - gt = 0$$

$$7,6 \text{ м/с} - 10 \cdot t = 0$$

$$7,6 \text{ м/с} = 10 \text{ м/с}^2 \cdot t$$

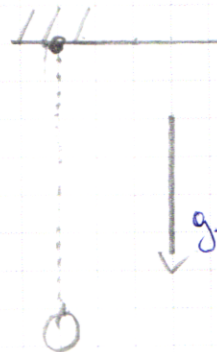
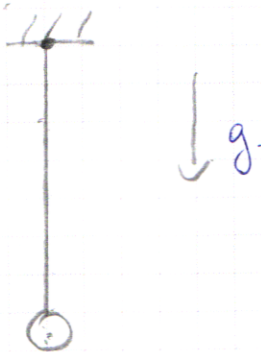
$$t = \frac{7,6 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 0,76 \text{ с}$$

Идем уравнение скоростей.

$$H = V_y \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 7,6 \text{ м/с} \cdot 0,76 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,76 \text{ с})^2}{2} = 5,776 \text{ м} - 0,5776 \text{ м} = 5,1984 \text{ м}$$

Ответ: 5,1984 м

3).



ответ: 0° потому что $a_{ц.б.}$ всегда

направлена по касательной и только

в нижней точке она будет направлена горизонтально (рис. стр. 5)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) $Q_в$ - энергия воды $Q_л$ - энергия льда. Q_0 - энергия.
при замерзании льда или при конденсации воды.

Дано:

$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

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

$$m_2 = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$$

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

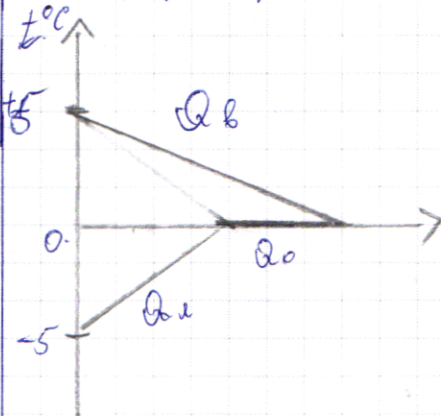
$$c_1 = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

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

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

$m = ?$

Решение:



Мы сначала проверим вес до температуры 0°C и проверим сколько кг льда растает

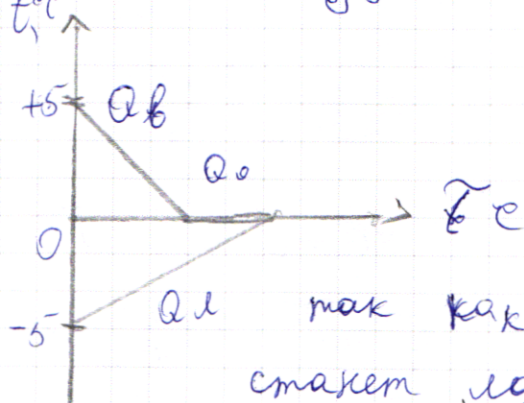
$$Q_в = c_2 m_2 (t_2 - 0) = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot (5 - 0)^\circ \text{C} = 4200 \text{ Дж} \cdot 0,2 \cdot 5 = 4200 \text{ Дж}$$

$$Q_л = m_1 \cdot c_1 (0 - t_1) = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}} \cdot 2 \text{ кг} \cdot (0 - (-5))^\circ \text{C} = 21000 \text{ Дж}$$

Мы видим что $Q_в < Q_л$ значит

лёд не достигнет 0°C , ~~и т.д.~~

У нас будет следующий вариант графика.



$$Q_в = 4200 \text{ Дж}$$

$$Q_л = 21000 \text{ Дж}$$

$$Q_0 = \lambda \cdot m_2 = 330000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,2 \text{ кг} = 66000 \text{ Дж}$$

так как $Q_0 + Q_в > Q_л$ значит не вся вода

станет льдом, $Q_л - Q_в = 21000 \text{ Дж} - 4200 \text{ Дж} = 16800 \text{ Дж}$
мы нашли сколько энергии даст вода.

$$\lambda m_3 = 16800 \text{ Дж}$$

$$m_3 = \frac{16800 \text{ Дж}}{330000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} \approx 0,05 \text{ кг}$$

$$330000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot m_3 = 16800 \text{ Дж}$$

m_3 - масса воды ставшим ледом.

$$m = m_3 + m_2 = 0,05 \text{ кг} + 2 \text{ кг} = 2,05 \text{ кг}$$

Ответ: 2,05 кг

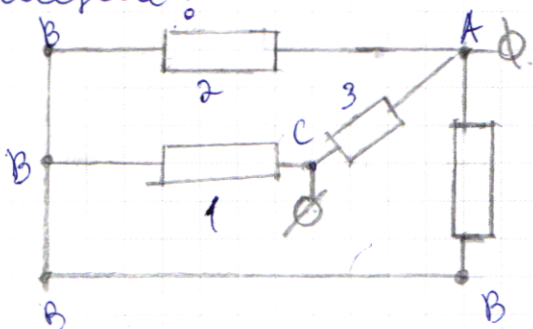
5) R_1, R_2, R_3 - общие I - сила тока на 1 и 3 резистора
 U - напряжение тока всей цепи
 R_1 - общее сопротивление R_3 - общее сопротивление
 R_2 - общее сопротивление цепи:

Дано:

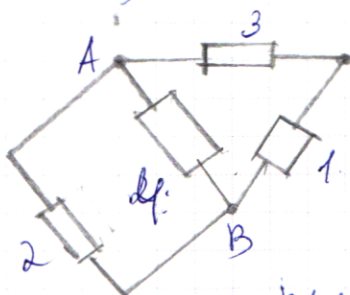
$$P_1 = 10 \text{ Вт}$$

$$P_2 = ?$$

Решение:



Давайте сначала преобразуем рисунок



так как у нас сопротивления равные, все сопротивления можно

по закону Ома прикинуть за R , касаться общего сопротивление и (силу тока)

$$R_1 = R + R = 2R$$

$$R_2 = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{2R} + \frac{1}{R} \right)^{-1} = \left(\frac{3}{2R} \right)^{-1} = \frac{2R}{3}$$

$$R_3 = \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{\frac{2R}{3}} + \frac{1}{R} \right)^{-1} = \left(\frac{3}{2R} + \frac{1}{R} \right)^{-1} = \left(\frac{5}{2R} \right)^{-1} = \frac{2R}{5}$$

по закону Ома касаться ветка касаться I

$$I^2 R = P$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{10}{R}}$$

$$U = (I_1 + I_3) \cdot 2R = (I + I) \cdot 2R = \left(\sqrt{\frac{10}{R}} + \sqrt{\frac{10}{R}} \right) \cdot 2R = \left(2\sqrt{\frac{10}{R}} \right) \cdot 2R = 4\sqrt{10R}$$

продолжение стр.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

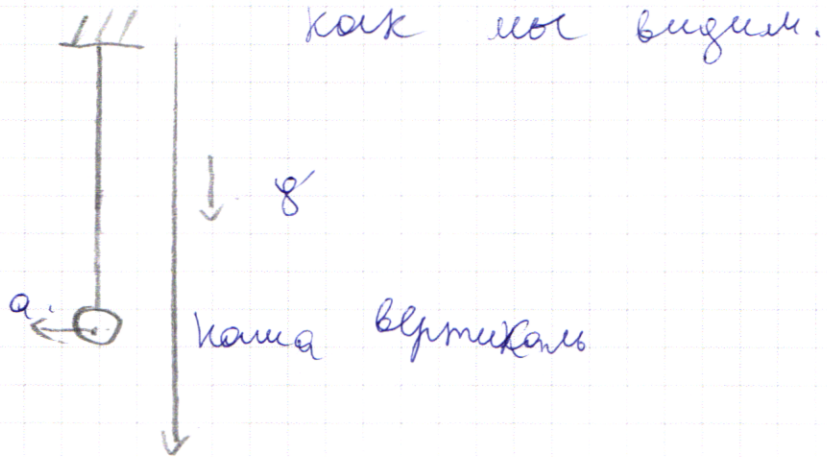
R_2 так как 1, 3 и 2, 4 параллельны и и будут
равны.

замок Дюмаля - Ленса.

$$P_2 = \frac{U^2}{R_3} = \frac{(4\sqrt{10k})^2}{2k} = \frac{16^2 \cdot 10 k^2}{2k} = 400 \text{ Вт.}$$

Ответ: 400 Вт.

3) рисунок!

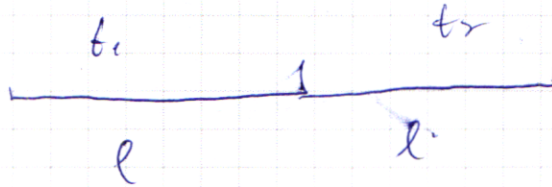




черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 6 .
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_0 t = \frac{at^2}{2} = 12$$

$$v_0 - a = 12/t$$

$$2v_0 - a = 24$$

~~$$a - 2v_0 = -24$$~~

$$v_0 = 24$$

$$2v_0 = 48 + \frac{a}{2}$$

$$v_1 = 12 + \frac{a}{2} t - a \cdot t = 12 - \frac{a}{2}$$

$$\left(12 - \frac{a}{2}\right) \cdot 4 - \frac{at^2}{2} = 12$$

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

$$\left(12 - \frac{a}{2}\right) \cdot 3 - 2,25a = 24$$

$$36 = \frac{3a}{2} - 7,45a = 24$$

$$\begin{array}{r} 2460 \overline{) 5} \\ \underline{20} \\ 40 \\ \underline{40} \\ 0 \end{array}$$

$$36 - 1,5a - 7,45a = 24$$

$$36 - 9,25a = 24$$

$$24 = 9,25a$$

$$a = \frac{24}{9,25} = \frac{2400}{925} = \frac{480}{185}$$

$$\begin{array}{r} 2400 \overline{) 925} \\ \underline{3700} \\ 925 \\ \underline{925} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 110 \overline{) 5} \\ \underline{110} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 480 \overline{) 185} \\ \underline{370} \\ 110 \end{array}$$

$$2 \frac{110}{185} = 2 \frac{22}{37}$$

$$12 \overline{) 31,45}$$

$$12 = 3 \frac{3}{4} = 12 \cdot \frac{15}{4}$$

$$\begin{array}{r} 136 \overline{) 32} \\ \underline{128} \\ 8 \end{array}$$

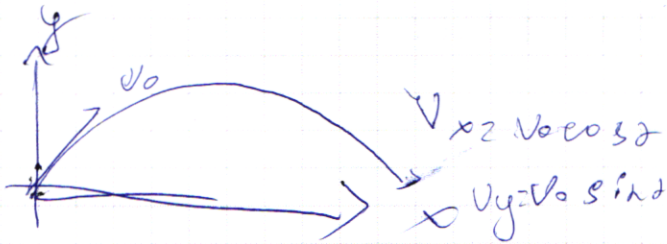
$$\begin{array}{r} 4 \overline{) 15} \\ \underline{12} \\ 3 \end{array} = \frac{4}{5} = 3 \frac{1}{5}$$

$$\frac{480}{32} = 4 \frac{15}{4}$$

$$(20 + t)^2 = 400 + 80t + 64 =$$

$$20 \cdot 312 =$$

$$= \frac{784}{10000} = 0,0784$$



$$V_0 \sin \alpha - g t = 4$$

$$V_0 \sin \alpha = 5$$

$$V_0 \sin \alpha$$

$$\begin{cases} (V_0 \sin \alpha - 5)^2 + (V_0 \cos \alpha)^2 = 17 \\ (V_0 \sin \alpha)^2 + (V_0 \cos \alpha)^2 = 10 \end{cases}$$

$$\left(\frac{28}{100}\right)^2 =$$

$$\begin{cases} V_0^2 \sin^2 \alpha - 2 V_0 \sin \alpha + 25 + V_0^2 \cos^2 \alpha = 17 \\ V_0^2 \sin^2 \alpha + V_0^2 \cos^2 \alpha = 10 \end{cases}$$

$$10 - 2 V_0 \sin \alpha + 25 = 17$$

$$35 - 2 V_0 \sin \alpha = 7$$

$$28 = 2 V_0 \sin \alpha$$

$$V_0 \sin \alpha = 14$$

$$\sin \alpha = \frac{14}{10} = 0,7$$

$$0,78 = 0,76 = \frac{7,6 \cdot 7,6}{10}$$

$$\begin{aligned} (7,6)^2 &= 57,76 \\ \frac{7,6}{10} \cdot \frac{7,6}{10} &= \frac{57,76}{100} = 0,5776 \end{aligned}$$

$$5,776$$

$$5776$$

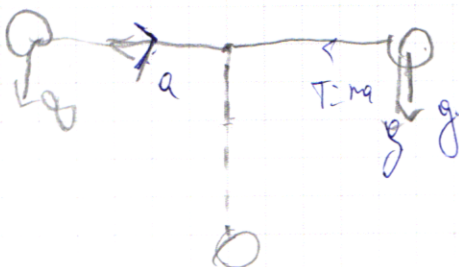
$$\frac{7,6}{10} \cdot \frac{7,6 \cdot 7,6}{10000} =$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,7^2} = \sqrt{1 - 0,49} = 0,714$$

$$\begin{array}{r} 125 \\ - 48 \\ \hline 76 \\ + 48 \\ \hline 125 \end{array}$$

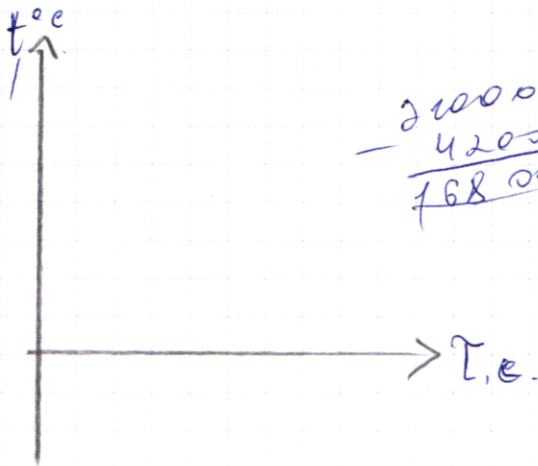
$$\begin{array}{r} 5,7760 \\ - 0,5776 \\ \hline 5,1984 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5,776 \\ - 0,5776 \\ \hline \end{array}$$



$$mg = mg - T - mg$$

$$g = 2\pi C \sqrt{\frac{f}{g \cos \alpha}}$$

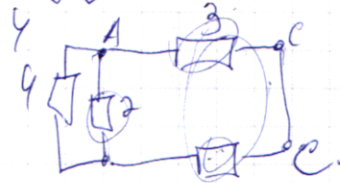
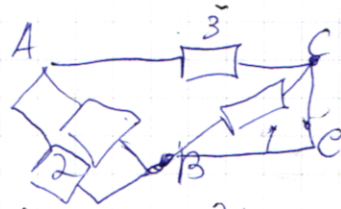
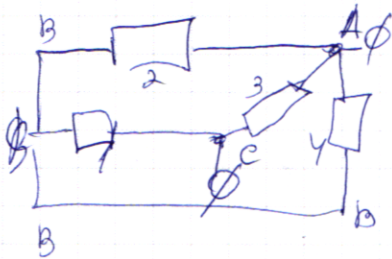


$$\begin{array}{r} -21000 \\ 4200 \\ \hline 16800 \end{array}$$

$$188 \overline{) 3300}$$

$$\frac{181}{3300}$$

$$\begin{array}{r} 1680 \overline{) 3300} \\ 16500 \\ \hline 30000 \\ 0,05 \end{array}$$



$$P = 10$$

$$I^2 R = 10$$

$$I^2 = \frac{10}{R}$$

$$I = \sqrt{\frac{10}{R}}$$

$$\frac{U^2}{R} = 10$$

$$U^2 = 10R$$

$$U = \sqrt{10R}$$

$$\left(\frac{1}{2R} + \frac{1}{R} \right)^{-1} = R_2 \quad U = I + I_2 \sqrt{\frac{10}{R}} + \sqrt{\frac{10}{R}}$$

$$\left(\frac{3}{2R} \right)^{-1} = \frac{R_2}{5} = \frac{2\sqrt{10R}}{5}$$

$$\frac{2R}{3}$$

$$\left(\frac{3}{2R} + \frac{2}{R} \right)^{-1} = R_3$$

$$\left(\frac{5}{2R} \right)^{-1} = R_3$$

$$\frac{2R}{5} = R_3$$

$$\frac{U^2}{R_3} = 10$$

$$\frac{\sqrt{10R}^2}{\frac{2R}{5}} = 10$$

$$\frac{5 \cdot 10R}{2R} = 25$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) v_0 - начальная скорость (скорость в начале наблюдения)

v_1 - скорость в начале второго участка.

L - длина участка.

a - ускорение.

$t_1 = 1$ с

Дано:

$t_1 = 1$ с

$t_2 = 1,5$ с

$L = 12$ м

$t = ?$

Решение:
I-участок II-участок



I-участок

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

$$v_0 \cdot 1 - \frac{a \cdot 1^2}{2} = 12$$

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

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

$$v_1 = v_0 + a t_1 = 12 + \frac{a}{2} - a \cdot 1 = 12 - \frac{a}{2}$$

II-участок.

$$v_1 t_2 - \frac{a t_2^2}{2} = L$$

$$v_1 \cdot 1,5 - \frac{a \cdot 1,5^2}{2} = 12$$

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

$$18 - \frac{1,5a}{2} - \frac{2,25a}{2} = 12$$

$$18 -$$

$$a = 2\sqrt{g \cos \alpha}$$

