

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр 5-008

(заполняется секретарём)

Вариант 09-04

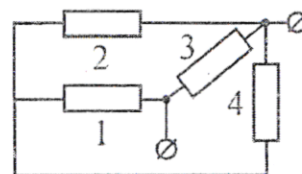
1 Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за $\tau_1 = 1$ с, а второй - за $\tau_2 = 1,5$ с. Длина каждого вагона $L = 12$ м. Через какое время T после начала наблюдения поезд остановился? В процессе торможения поезд движется по прямой равномерно.

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

$$v(t) = v_0 + at \quad \sqrt{1} \quad x(t) = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} l = v_0 \tau_1 + \frac{a\tau_1^2}{2} \end{array} \right. \quad \text{— между краями расстояние в 1 фемтометру}$$

валтика за τ_1 от начала движения

$$\left\{ \begin{array}{l} 2l = v_0(\tau_1 + \tau_2) + \frac{a(\tau_1 + \tau_2)^2}{2} \end{array} \right. \quad \text{— между краями расстояние в 2}$$

фемтометру валтика за $(\tau_1 + \tau_2)$ от начала движения.

$$\left\{ \begin{array}{l} 12 = v_0 + \frac{a}{2} \Rightarrow a = 24 - 2v_0 \\ 24 = 2,5v_0 + \frac{a \cdot 25}{8} \end{array} \right.$$

$$24 = 2,5v_0 + \frac{(24 - 2v_0) \cdot 25}{8};$$

$$24 = 2,5v_0 + \frac{600 - 50v_0}{8};$$

$$24 = 2,5v_0 + 25 - \frac{25}{4}v_0;$$

$$2,5v_0 - \frac{25}{4}v_0 = -51;$$

$$\frac{15}{4}v_0 = 51;$$

$$15v_0 = 204;$$

$$v_0 = 13,6 \left(\frac{м}{с} \right).$$

$$a = 24 - 2v_0 = 24 - 2 \cdot 13,6 = -3,2 \left(\frac{м}{с^2} \right).$$

Теперь найдем время, через которое координата остановится,

$$0 = v_0 + at_1;$$

$$0 = 13,6 - 3,2t_1;$$

$$T = \frac{13,6}{3,2};$$

$$T = 4,25(c).$$

Ответ: $T = 4,25c$.

$$V_x(t) = V_0 \cos \alpha \quad \sqrt{2}$$

$$V_y(t) = V_0 \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

$$V(t) = \sqrt{V_x(t)^2 + V_y(t)^2} = \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha + \left(V_0 \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}\right)^2}$$

$$V(t) = \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha + V_0^2 \sin^2 \alpha + \frac{g^2 t^4}{4} - 2 V_0 \sin \alpha g t^2}$$

Подставим все значения, когда время равно 0,7 с:

$$V = \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha + V_0^2 \sin^2 \alpha + \frac{g^2 \tau^4}{4} - 2 V_0 \sin \alpha g \tau^2};$$

$$7 = \sqrt{100 \cdot \cos^2 \alpha + 100 \cdot \sin^2 \alpha + \frac{100}{64} - 20 \cdot \sin \alpha \cdot 10 \cdot 0,7^2};$$

($\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$)

$$7 = \sqrt{100 + \frac{100}{64} - 25 \sin \alpha};$$

$$49 - 100 - \frac{100}{64} = -25 \sin \alpha;$$

$$51 + \frac{100}{64} = 25 \sin \alpha;$$

$$\frac{3364}{64} = 25 \sin \alpha;$$

$$\frac{841}{16} = 25 \sin \alpha;$$

$$\sin \alpha = \frac{841}{400} \quad - \text{Помогло уже не менее двух, но, возможно, я допустил ошибку в вычислениях.}$$

Итак найдем макс. высоту, достигая уравнения:

$$y(x) = g \alpha x - \frac{g x^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha}. \quad \text{Найдём координаты вершины этой параболы.}$$

$$x_0 = \frac{g \alpha \cdot V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}{g} = \frac{g \alpha \cos^2 \alpha \cdot 100}{10} = 10 g \alpha \cos^2 \alpha$$

$$y_0 = 10 g \alpha \cos^2 \alpha - \frac{10 \cdot 100 \cdot g \alpha^2 \cos^4 \alpha}{200 \cos^2 \alpha} =$$

$$= 10 \sin^2 \alpha - \frac{1000 \cdot \sin^2 \alpha}{100} = 10 \sin^2 \alpha - 5 \sin^2 \alpha = 5 \sin^2 \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Намн. высота падаюи H и скорость v_0 :

$$H = v_0^2 = 5 \sin^2 \alpha = \frac{5 \cdot 841^2}{400^2} = \frac{5 \cdot 707281}{160000} = \frac{707281}{32000} \text{ (м)}.$$

Ответ: $H = \frac{707281}{32000}$ м.

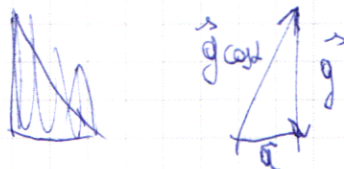


На шарике в вертикальном направлении действуют сила тяжести mg . Также, на шарик действует сила упругости пружины. Она уравновешивает проекции силы тяжести на ось пружины:



И.е. $F_{\text{пруж}} = F_0 \cos \alpha = mg \cos \alpha$.

Если g - ускорение свободного падения, то $g \cos \alpha$ - центростремительное ускорение (его модуль). Общее ускорение, действующее на шарик - результирующая сумма этих двух ускорений. Если общее ускорение ~~действует~~ направлено горизонтально, то оно перпендикулярно \vec{g} . Тогда, у векторов \vec{g} , \vec{a} (общее ускорение), $\vec{g} \cos \alpha$ можно составить прямоугольный векторный треугольник с гипотенузой $\vec{g} \cos \alpha$:



Скорее всего неверно, т.к. $g \cos \alpha$ должно быть больше, чем g , но при этом $\cos \alpha \leq 1$, значит $g \geq g \cos \alpha$. Значит, лавина охватывает только те места, и ускорение минимум не направлено горизонтально. Оно лишь равно 0 в том случае, когда $\alpha = 90^\circ$.

Ответ: ускорение лавы не направлено горизонтально.

или

~~Найти Q_1 - сколько энергии надо затратить для~~
~~охлаждения~~

~~$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_3) = 4200 \cdot 0,2 \cdot 5 = 42000$~~

Для начала, охладим воду до 0° и посчитаем, какой станет температура льда.

$Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1) = 4200 \cdot 0,2 \cdot 5 = 4200$ (Здесь - надо затратить энергию для воды до 0°).

$Q_1 = c_1 m_1 (t_3 - t_1)$

$4200 = 2100 \cdot 2 \cdot t_3 + 2100 \cdot 2 \cdot 5$

$4200 = 2100 \cdot 2 \cdot t_3 + 21000$

$-16800 = 4200 \cdot t_3$

$t_3 = -4 (^\circ \text{C})$ - такая станет температура льда, когда вода охладится до 0°C .

Теперь надо узнать, на сколько градусов: вода замерзнет или лед нагреется до 0°C . Поскольку Q_2 - кол-во энергии, выделяемое при замерзании воды:

$Q_2 = \lambda_2 m_2 = 3,3 \cdot 10^5 \cdot 0,2 = 3,3 \cdot 10^4 \cdot 2 = 66000$ Дж.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Теперь найдём Q_3 - кол-во тепла, необходимое для нагревания льда до 0° :

$$Q_3 = c_1 m_1 \cdot (-t_3) = 2100 \cdot 2 \cdot 4 = 16800 \text{ (Дж)}$$

Теперь, лёд нагреется до 0° , и вода смешается до той же температуры.

Часть воды ~~замёрзнет~~ ~~замёрзнет~~ часть ~~замёрзнет~~ растает. ~~Дополнительно масса~~
~~воды уменьшится~~ ~~масса льда~~ ~~будет~~ ~~на~~ ~~ка~~ ~~по~~ ~~времени~~, пока
лёд нагревается, часть воды успеет замёрзнуть. Найдём эту массу воды,
которая замёрзла, так, что на это было потрачено Q_3 тепла:

$$Q_3 = \lambda m_{зв}$$

$$m_{зв} = \frac{Q_3}{\lambda}$$

$$m_{зв} = \frac{16800}{3,3 \cdot 10^5}$$

$$m_{зв} = \frac{168}{3300}$$

$$m_{зв} = \frac{84}{165}$$

$m_{зв} \approx 0,1 \text{ кг}$ (уника не калькулятора, также можно считать).

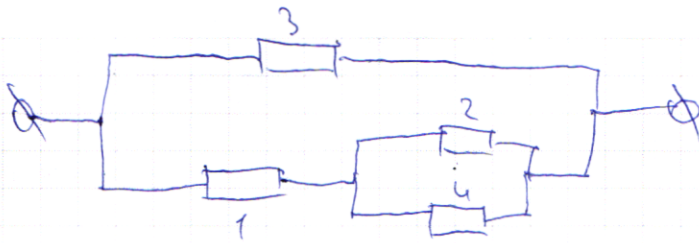
Теперь, в лёд превратится $0,1 \text{ кг}$ воды масс ещё было 2 кг льда. Итого
в камере после установления теплового равновесия останется

$2,1 \text{ кг}$ льда.

Ответ: $2,1 \text{ кг}$.

УБ

Периодичность смены ртутного столба зависит от того, насколько
последовательные и параллельные соединения;



Пусть в цепи известны напряжение U . Тогда на резисторе 1 падает все напряжение, т.к. в параллельном соединении напряжения на резисторах равны. Запишем формулу мощности для 1-го резистора:

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1}$$

~~$$P_1 R = U^2$$~~

$$U = \sqrt{P_1 R}; \quad (R - \text{эквивалентное сопротивление цепи из резисторов?})$$

$$U_{\text{одн}} = \sqrt{P_1 R}$$

Теперь найдем эквивалентное сопротивление всей цепи:

$$R_{2,4} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{1}{\frac{2}{R}} = \frac{R}{2}$$

~~$$R_{1,2,4} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{2,4}}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{2}{R}} = \frac{1}{\frac{3}{R}} = \frac{R}{3}$$~~

$$R_{1,2,4} = R_1 + R_{2,4} = R + \frac{R}{2} = 1,5R$$

$$R_{\text{одн}} = \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{1,2,4}}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{1,5R}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{2}{3R}}$$

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

Теперь найдем общую мощность:

$$P = \frac{U_{\text{одн}}^2}{R_{\text{одн}}} = \frac{(\sqrt{P_1 R})^2}{\frac{3R}{5}} = \frac{P_1 R}{\frac{3R}{5}} = \frac{5P_1 R}{3R} = \frac{5P_1}{3} = \frac{5 \cdot 10}{3} \text{ (Вт)};$$

$$P = \frac{50}{3} \approx 16,6667 \text{ (Вт)}.$$

Ответ: 16,6667 Вт.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

24.8.192

$$\frac{136}{32} = \frac{68}{16} = \frac{34}{8} = \frac{17}{4} = 4\frac{1}{4} = 4,25$$

$$V_0 \quad V = V_0 + at$$

$$X = V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$V^2 = V_0^2 + 2ax$$

$$X = V_0 t - \frac{at^2}{2}$$

$$12 = V_0 - \frac{a}{2}$$

$$24 = 2V_0 - \frac{6,26a}{2}$$

$$l = V_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2}$$

$$2l = V_0(t_1 + t_2) + \frac{a(t_1 + t_2)^2}{2}$$

$$V_0 = -\frac{a}{2} - 12$$

$$24 = 2,6 \left(-\frac{a}{2} - 12\right) - \frac{6,26a}{2}$$

$$1,2 = V_0 + \frac{a}{2}$$

$$24 = \frac{5V_0}{2} + \frac{a \cdot \frac{25}{4}}{2}$$

$$24 = -1,26a - 12 - 3,126a$$

$$24 = -12 - 4,376a$$

$$a = 24 - 28,36 = -4,376a$$

$$V_{ф} = V_0 t - \frac{at^2}{2}$$

$$V_x = V_0 t \cos \alpha$$

$$24 = \frac{5V_0}{2} + \frac{26a}{8}; Q_x = Q_y$$

$$24 = \frac{20V_0 + 26a}{8}; \lambda_{мс}$$

$$192 = 20V_0 + 26a$$

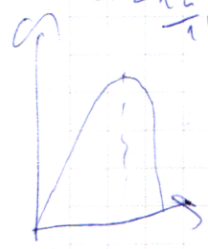
$$192 = 20V_0 + 26 \cdot (24 - 2V_0)$$

$$192 = 20V_0 + 600 - 50V_0$$

$$600 - 192 = 30V_0$$

$$408 = 30V_0$$

$$V_0 = 13,6 \text{ (м/с)}$$



$$a = 24 - 2V_0 = 24 - 27,2 = -3,2 \text{ м/с}^2$$

$$0 = V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$0 = 13,6t - \frac{3,2t^2}{2}$$

$$13,6t = \frac{3,2t^2}{2}$$

$$\sqrt{\left(10 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,25}{2}\right)^2 + \left(\cos \alpha \cdot 10 \cdot 0,5\right)^2} = 4,9$$

$$\left(\sin \alpha \cdot 10 - 1,25\right)^2 + \left(2,5 \cos^2 \alpha\right) = 49$$

$$20 \sin^2 \alpha + \frac{100}{64} - 2,5 \sin \alpha + 2,5 \cos^2 \alpha = 49$$

$$20 \sin^2 \alpha + \frac{100}{64} - 12,5 \sin \alpha = 46,5$$

$$40 \sin^2 \alpha - 25 \sin \alpha + \left(\frac{100}{32}\right) = 0$$

$$D = 625 - 4 \cdot 40 \cdot \left(-48 + \frac{100}{32}\right) = 625 + 4 \cdot 40 \cdot 48 - \frac{4 \cdot 40 \cdot 100}{32}$$

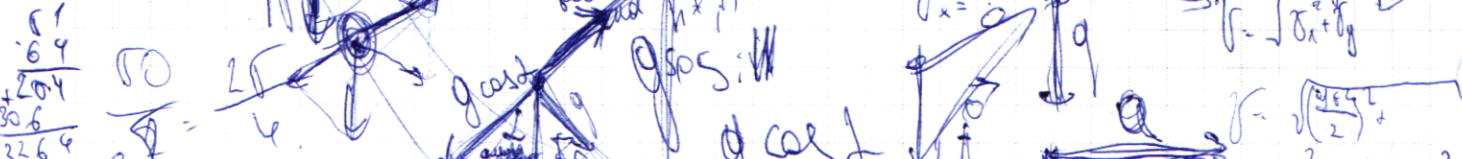
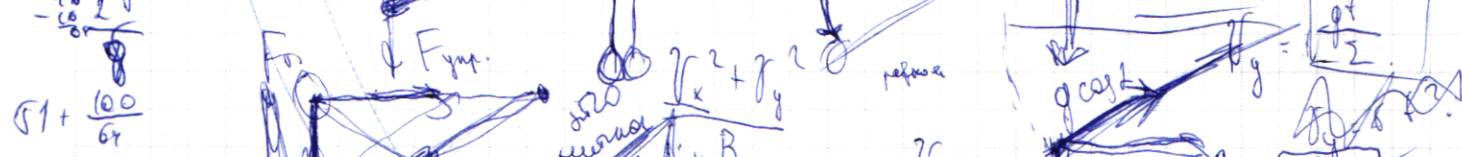
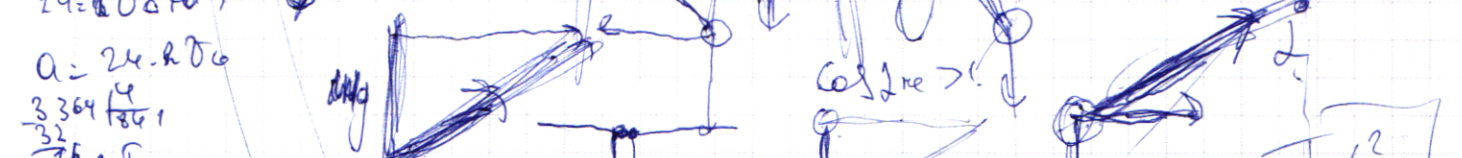
$$= 625 + 7680 - \frac{16000}{2} = 625 + 7680 - 8000 = 305$$

$$\sin \alpha = \frac{25 + \sqrt{25^2 + 225}}{80} \quad x = v_0 \cos \alpha t \quad t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{v_0 \sin \alpha x}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g \cdot x^2}{2 \cdot v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$y = 6gdx - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$



$$g^2 \cos^2 \alpha = g^2 + a^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$49 = 100 \cdot \cos^2 \alpha + \left(10 \cdot \sin \alpha - \frac{10 \cdot 0,25}{2} \right)^2$$

$$49 = 100 \cos^2 \alpha + (10 \sin \alpha - 1,25)^2$$

$$49 = 100 \cos^2 \alpha + 100 \sin^2 \alpha - 25 \sin \alpha + 1,5625$$

$$49 = 100 + \frac{25}{16} - 25 \sin \alpha$$

$$= 51 - \frac{25}{16} = -25 \sin \alpha$$

$$51 + \frac{25}{16} = 25 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha > -1$$

$$y = fg \cdot x - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$y = fg \left(\arcsin \frac{841}{1000} \right) - \frac{10x^2}{200 \cos^2 \left(\arcsin \frac{841}{1000} \right)}$$

$$x = \frac{v_0 \sin \alpha t}{g}$$

$$t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y = \frac{v_0 \sin \alpha x}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$y = fg \cdot x - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\frac{100 \cdot \frac{1}{16}}{9} = \frac{100}{64}$$

$$\left(\frac{10 \cdot \frac{1}{4}}{2} \right)^2 = \frac{36}{64}$$

$$\frac{125}{100} = \frac{5}{4} = \frac{25}{64}$$

$$\frac{100 \cdot \frac{1}{16}}{4} = \frac{100}{64}$$

$$\frac{25}{64}$$

$$\frac{25}{16}$$

$$\frac{16000}{16}$$

$$32000$$

$$\frac{841}{841} - \frac{15}{10} = \frac{16000}{132}$$

$$+ 841$$

$$\frac{16000}{132}$$

$$10000 = 5 \cdot 2000$$

$$160000$$

$$Q_1 = C_1 m_1 t_2 = 4200 \cdot 0,2 \cdot 5 = 42000 \text{ Дж.}$$

$$Q_2 = \lambda_1 m_1 \theta_{1,2} = 3,3 \cdot 10^5 \cdot 0,2 = 3,3 \cdot 10^4 \cdot 2 = 6,6 \cdot 10^4 \text{ Дж} = 66000 \text{ Дж.}$$

$$Q = C_2 m_2 (t_2 - t_1);$$

$$42000 = 2100 \cdot 2000 \cdot (t_2 - 5)$$

$$21000 = 4200 t_2 + 210000;$$

$$42000 = 4200 t_2;$$

$$Q = 2100 \cdot 2000 \cdot 5 = 2100 \cdot 10000 = 21000000$$

$$Q_3 = -Q_1;$$

~~См. 1.1~~

$$C_2 m_2 t_2 + \lambda_1 m_1 \theta_{1,2} + C_1 m_1 t_1 = -C_1 m_1 (t_2 - t_1);$$

$$4200 \cdot 0,2 \cdot 5 + 330000 \cdot 0,2 + 2100 \cdot 0,2 \cdot t_2 = 2100 \cdot 2000 (-5 - t_2);$$

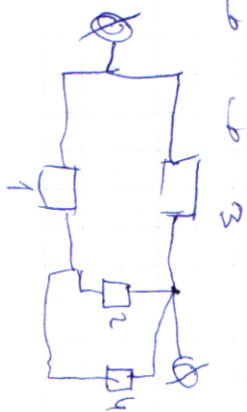
$$42000 + 66000 + 420 t_2 = 4200000 (-5 - t_2);$$

$$108000 + 420 t_2 = -21000000 - t_2 \cdot 4200000;$$

$$108 \cdot 10^3 + 21 \cdot 10^6 = -(42 \cdot 10^5 - 420) t_2;$$

$$t_2 = \frac{108000 + 21000000}{420 - 4200000} = (-4200000 + 420) t_2;$$

$$t_2 = \frac{108000 + 21000000}{420 - 4200000}$$



ω

$$\frac{1}{\omega} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{3R}{5}$$

$$\frac{4^2}{R}$$

$$\frac{10R}{3R} = \frac{10}{3}$$

$$= \frac{100}{3} A = \sqrt{2} R R$$

$$P = \frac{A}{R} \cdot \frac{4^2 R}{R} = \frac{4^2 A}{R}$$

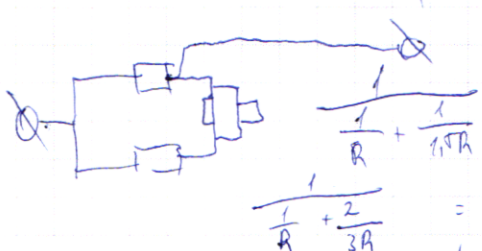
$$= \frac{16}{3} = 16,66667$$

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

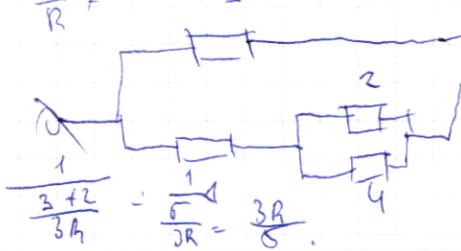
$$21000 - 420 =$$

$$20000 - 32000 = 17000 - 200 = 16800$$

$$\frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{1}{\frac{2}{R}} = \frac{R}{2} = \frac{13}{2} = 6,5$$

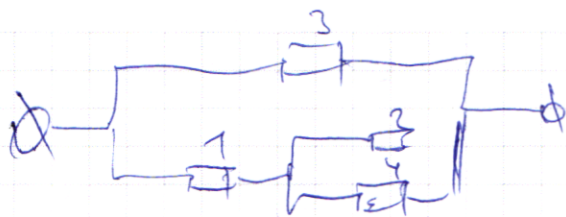


$$\frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{2}{3R}} = \frac{1}{\frac{3+2}{3R}} = \frac{3}{5} = \frac{3R}{5}$$



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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\rho = \rho_0 \tau_1 + \frac{q \tau_1^2}{2}$$

$$\chi = \rho_0 b - \frac{q t^2}{2}$$

