

ФТ9-3

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Региональный этап
23 - 25 января 2020 г.

Фамилия Небабин

Имя Никита

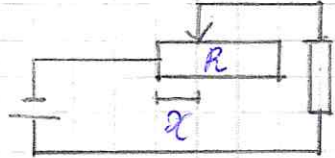
Отчество Романович

Класс 9

Территория Пермь

Образовательная организация МАОУ „СОШ №9”

1	2	3	4	5	Σ
10	10	10	10	10	22



№ 1.
Дано: $\frac{R_k}{R} = \frac{1}{4}$

x - доля активной гил-
 R_k нн резистора; T_k - температура поверхности термомата; T_0 - температура окружающей среды; t - время; $x_1 = 0,65$; $t_{01} = 25^\circ C$; $x_2 = 0,35$; $T_{02} = 20^\circ C$; $T_{03} = 13^\circ C$; λ - коэффициент теплопроводности материала (Тк - Т0); K - коэффициент теплообмена.

$P_k = U_k \cdot I_k$ - мощность нагревательного элемента.
 $I_k = I_0$, где I_k - сила тока нагревательного элемента, I_0 - сила тока всей цепи.

$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{U_0}{R_k + R}$, где U_0 - напряжение всей цепи, R_k - сопротивление активной части резистора, а R - сопротивление нагревателя.

Пускаем $R_k = R$, тогда $R_k = R$ (всего); тогда у активной части $R_k = 4R \cdot x$

$$I_0 = \frac{U_0}{4Rx + R} = \frac{U_0}{(4x+1)R} = I_k$$

$$U_k = I_k \cdot R_k$$

$$P_k = I_k^2 \cdot R_k = \frac{U_0^2}{(4x+1)^2 R} \cdot R = \frac{U_0^2}{(4x+1)^2}$$

$(P_k - P_n) \cdot t = q \cdot (T_k - T_0) \cdot V$ - q - коэффициент теплообмена с окружающей средой; P_n - мощность теплопотерь.

$P_n = k(T_k - T_0)$ - из условия P_n пропорциональна $(T_k - T_0)$; k - коэффициент пропорциональности.

$$\frac{U_0^2}{(4x+1)^2 R} - k(T_k - T_0) = q(T_k - T_0)$$

$$\frac{U_0^2}{(4x+1)^2 R} = (k+q)(T_k - T_0)$$

Пускаем $k+q = n$

$$U_0^2 = \frac{n}{k+q} (T_k - T_0) \cdot (4x+1)^2 \cdot R$$

Подставив 3 случая поочередно в это уравнение:

- 15 (1a, 1b)
- 45 (1c)
- 15 (2a)
- 25 (3a)
- 25 (4a)
- 15 (5a)
- 25 (6a)

100

$$\begin{cases} U_0^2 = \cancel{n} (T_k - 25) (4 \cdot 0,65 + 1)^2 \cdot R \\ U_0^2 = n (T_k - 20) (4 \cdot 0,35 + 1)^2 \cdot R \\ U_0^2 = n (T_k - 13) (4x + 1)^2 \cdot R \end{cases}$$

Разделим части 1-ого уравнения на части 2-ого соответственно

$$\frac{U_0^2}{U_0^2} = \frac{n (T_k - 25) (4 \cdot 0,65 + 1)^2 \cdot R}{n (T_k - 20) (4 \cdot 0,35 + 1)^2 \cdot R}$$

$$1 = \frac{3,6^2 (T_k - 25)}{2,4^2 (T_k - 20)}$$

$$2,4^2 (T_k - 20) = 3,6^2 (T_k - 25)$$

$$7,46 T_k - 115,2 = 12,96 T_k - 12,96 \cdot 25$$

$$4,2 T_k = 324 - 77,2$$

$$7,2 T_k = 208,8$$

$$T_k = \frac{208,8}{7,2} = 29^\circ \text{C}$$

$$\begin{cases} U_0^2 = 12,96 \cdot 4 \cdot n \cdot R \\ U_0^2 = 25,46 \cdot n \cdot R \\ U_0^2 = 16 \cdot n \cdot R (4x + 1)^2 \end{cases}$$

$$U_0 = 3,6 \cdot 2 \cdot \sqrt{nR}$$

$$U_0 = 2,4 \cdot 3 \cdot \sqrt{nR}$$

$$U_0 = 4(4x + 1) \sqrt{nR}$$

Разделим части 2-ого уравнения на части 3-его соответственно

$$\frac{U_0}{U_0} = \frac{2,4 \cdot 3 \cdot \sqrt{nR}}{4 \cdot (4x + 1) \sqrt{nR}}$$

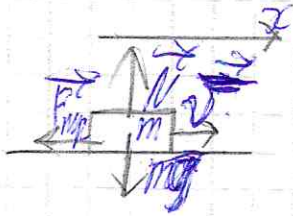
$$4 \cdot (4x + 1) = 2,4 \cdot 3$$

$$76x + 4 = 24 \cdot 3$$

$$76x = 3,2$$

$$x = 0,2$$

Ответ: $x = 0,2$



N 9.3

Дано: $t_1 = 0,1 \text{ c}$; $S_1 = 8 \text{ м}$; $t_2 = 2t_1 = 0,2 \text{ c}$;
 $S_2 = 12 \text{ м}$, $g = 10 \text{ м/с}^2$. Найти: μ

$$F_{f_{rp}} = \mu N$$

$$N = mg$$

$$F_{f_{rp}} = \mu mg \quad ma = -\mu mg$$

$$-\mu g = a$$

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

$x_0 = 0$, т.к. мы рассматриваем перемещение от начальной точки

$$S = \sqrt{v_0} t + \frac{at^2}{2} = \sqrt{v_0} t - \frac{\mu g t^2}{2}$$

Подставим два случая в формулу

$$\begin{cases} 0,08 = 0,1\sqrt{v_0} - \frac{0,1^2 \cdot 10 \cdot \mu}{2} \\ 0,12 = 0,2\sqrt{v_0} - \frac{0,2^2 \cdot 10 \cdot \mu}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0,08 = 0,1\sqrt{v_0} - \frac{0,1 \cdot \mu}{2} \\ 0,12 = 0,2\sqrt{v_0} - 0,2 \mu \end{cases}$$

$$\begin{cases} 8 = 10\sqrt{v_0} - 5\mu \\ 12 = 20\sqrt{v_0} - 20\mu \end{cases}$$

$$\begin{cases} 16 = 20\sqrt{v_0} - 10\mu \\ 12 = 20\sqrt{v_0} - 20\mu \end{cases}$$

Вычтем из частей 1-ого уравнения части 2-ого

$$4 = 20\mu - 10\mu$$

$$10\mu = 4$$

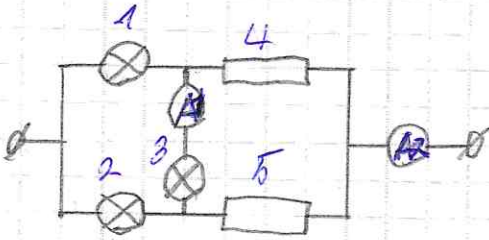
$$\mu = 0,4$$

Ответ: $\mu = 0,4$

не забудьте про a !

30

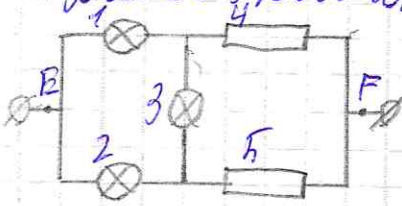




№ 5

Дано: сила тока на клеммах-
ном элементе: $I = a\sqrt{U}$; а;
~~у одного измерит~~ показани-
ем одного амперметра
 I_x , а другого I_y ; $I_x > I_y$

Эта схема эквивалентна схеме:



Найти: силу тока на каждом
элементе цепи

I_i - сила тока на i элементе цепи

U_i - напряжение на i элементе цепи

R_i - сопротивление на i элементе цепи

i показаны на схеме.

I_0, U_0, R_0 - ~~сила~~ общие сила тока, напряжение, сопротивле-
ние соответственно

~~Рассмотрим 1-й случай: $I_{A1} = I_3$; $I_{A2} = I_0$~~

~~1-ый случай - по 3 элементу ток течет вверх.~~

I_x показывает A_2 , а I_y показывает A_1 , т.е.
тока на всей цепи не может быть больше ~~меньше~~
~~тока~~ на ее участке; тогда $I_x = I_0$, а $I_y = I_3$

Рассмотрим 2-й случай:

2-ый случай - по 3 элементу ток течет вниз:
 $U_1 + U_4 = U_2 + U_3 + U_4$ (напряжение между ~~точками~~ EF)

$$U_1 = U_2 + U_3$$

$$I_1 + I_2 = I_0$$

$$I_1 = a\sqrt{U_1} = a\sqrt{U_2 + U_3}$$

$$I_2 = a\sqrt{U_2}$$

$$a\sqrt{U_2 + U_3} + a\sqrt{U_2} = I_0$$

$$a\sqrt{U_2 + U_3} = I_0 - a\sqrt{U_2}$$

25 (3)
10 (4)

$$a^2 U_2 + a^2 U_3 = I_0^2 - 2I_0 a \sqrt{U_2} + a^2 U_2$$

$$I_3 = a \sqrt{U_3}$$

$$I_3^2 = a^2 U_3$$

до (2)

$$U_3 = \frac{I_3^2}{a^2}$$

$$a^2 \cdot \frac{I_3^2}{a^2} = I_0^2 - 2I_0 a \sqrt{U_2}$$

$$2I_0 a \sqrt{U_2} = I_0^2 - I_3^2$$

$$4I_0^2 a^2 U_2 = (I_0 - I_3)^2 (I_0 + I_3)^2$$

$$U_2 = \frac{(I_0 - I_3)^2 (I_0 + I_3)^2}{4I_0^2 a^2} = \frac{(I_0 - I_3)^2}{4I_0^2 a^2}$$

$$U_1 = \frac{(I_0 - I_3)^2 (I_0 + I_3)^2}{4I_0^2 a^2} + U_3 = \frac{(I_0 - I_3)^2 (I_0 + I_3)^2}{4I_0^2 a^2} + \frac{I_3^2}{a^2} = \frac{I_0^4 - 2I_0^2 I_3^2 + I_3^4 + 4I_3^2 I_0^2}{4I_0^2 a^2}$$

$$= \frac{I_0^4 + 2I_0^2 I_3^2 + I_3^4}{4I_0^2 a^2} = \frac{(I_0^2 + I_3^2)^2}{4I_0^2 a^2}$$

$$I_2^2 a \sqrt{U_2} = a \cdot \frac{(I_0 - I_3)^2}{2I_0 a} = \frac{I_0^2 - I_3^2}{2I_0}$$

до (6)

$$I_1 = a \sqrt{U_1} = a \cdot \frac{(I_0^2 + I_3^2)}{2I_0 a} = \frac{I_0^2 + I_3^2}{2I_0}$$

до (5)

$$I_4 = I_1 + I_3 = \frac{I_0^2 + I_3^2}{2I_0} + I_3 = \frac{I_0^2 + I_3^2 + 2I_0 I_3}{2I_0} = \frac{(I_0 + I_3)^2}{2I_0}$$

до (8)

$$I_5 = I_2 - I_3 = \frac{I_0^2 - I_3^2}{2I_0} - I_3 = \frac{I_0^2 - I_3^2 - 2I_0 I_3}{2I_0}$$

+ до (9)

2-ой шаг: по 3-ему закону Кирхгофа ток между узлами

$U_2 + U_3 = U_1 + U_3 + U_5$ (напряжения узлы потенциалы E, F)

$$U_2 = U_1 + U_3$$

$$I_1 + I_2 = I_0$$

$$I_1 = a \sqrt{U_1}$$

$$I_2 = a \sqrt{U_2} = a \sqrt{U_1 + U_3}$$

$$a \sqrt{U_1} + a \sqrt{U_1 + U_3} = I_0$$

$$a^2 U_1 + a^2 U_3 = I_0^2 - 2I_0 a \sqrt{U_1} + a^2 U_1$$

$$I_3 = a \sqrt{U_3}$$

$$I_3^2 = a^2 U_3$$

$$a^2 \frac{I_3^2}{a^2} = I_0^2 - 2I_0 a \sqrt{U_1}$$

1+1+2+1+1+1+1+1+1+1+1

до (9)

$$2 I_0 a \sqrt{U_1} = I_0^2 - I_3^2$$

$$4 I_0^2 a^2 U_1 = (I_0^2 - I_3^2)^2$$

$$U_1 = \frac{(I_0^2 - I_3^2)^2}{4 I_0^2 a^2}$$

$$U_2 = U_1 + U_3 = \frac{(I_0^2 - I_3^2)^2}{4 I_0^2 a^2} + \frac{I_3^2}{a^2} = \frac{I_0^4 - 2 I_0^2 I_3^2 + I_3^4 + 4 I_0^2 I_3^2}{4 I_0^2 a^2} = \frac{I_0^4 + 2 I_0^2 I_3^2 + I_3^4}{4 I_0^2 a^2} = \frac{(I_0^2 + I_3^2)^2}{4 I_0^2 a^2}$$

$$I_1 = a \sqrt{U_1} = a \sqrt{\frac{(I_0^2 - I_3^2)^2}{4 I_0^2 a^2}} = \frac{I_0^2 - I_3^2}{2 I_0} = \frac{I_0^2 - I_3^2}{2 I_0}$$

$$I_2 = a \sqrt{U_2} = a \sqrt{\frac{(I_0^2 + I_3^2)^2}{4 I_0^2 a^2}} = \frac{I_0^2 + I_3^2}{2 I_0} = \frac{I_0^2 + I_3^2}{2 I_0}$$

$$I_4 = I_1 - I_3 = \frac{I_0^2 - I_3^2}{2 I_0} - I_3 = \frac{I_0^2 - I_3^2 - 2 I_0 I_3}{2 I_0}$$

$$I_5 = I_2 + I_3 = \frac{I_0^2 + I_3^2}{2 I_0} + I_3 = \frac{I_0^2 + I_3^2 + 2 I_0 I_3}{2 I_0} = \frac{(I_0 + I_3)^2}{2 I_0}$$

Ответ: Если ток мерить по 3-ему элементу
 вверх, то $I_1 = \frac{I_0^2 - I_3^2}{2 I_0}$, $I_2 = \frac{I_0^2 + I_3^2}{2 I_0}$, $I_3 = I_3$; $I_4 = \frac{I_0^2 - I_3^2 - 2 I_0 I_3}{2 I_0}$, $I_5 = \frac{I_0^2 + I_3^2 + 2 I_0 I_3}{2 I_0}$,
 где $I_3 = I_y$, а $I_0 = I_x$. Если ток мерить по 3-ему
 элементу вниз, то $I_1 = \frac{I_0^2 - I_3^2}{2 I_0}$, $I_2 = \frac{I_0^2 + I_3^2}{2 I_0}$, $I_3 = I_3$;
 $I_4 = \frac{I_0^2 - I_3^2 - 2 I_0 I_3}{2 I_0}$; $I_5 = \frac{(I_0 + I_3)^2}{2 I_0}$, где $I_3 = I_y$, а $I_0 = I_x$.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Региональный этап
23 - 25 января 2020 г.

ФФ-06 А

Фамилия Небадин

Имя Никита

Отчество Романович

Класс 9

Территория г. Пермь

Образовательная организация МАОУ "СОШ №9" г. Пермь

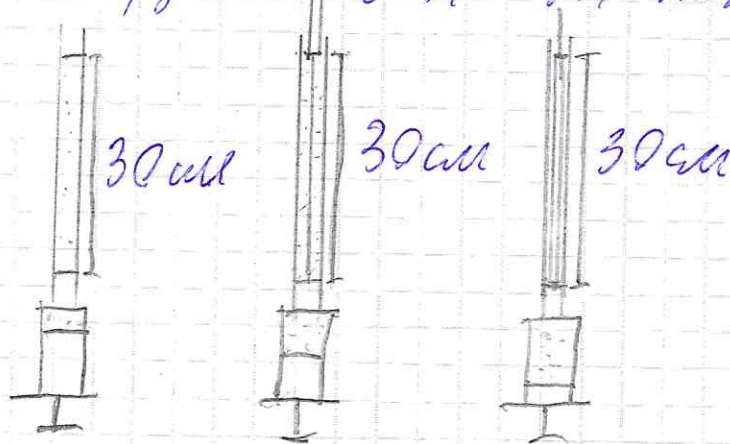
№1 Оборудование: образец провода длиной 600 мм, линейка 40 см, 2 шпательницы 5 мм, 1 мм, стакан с водой, шпатель, трубка, нитка, салфетка, миллиметровая бумага для построения графика.

Найти: m, V_m, ρ_m - масса, объем, плотность металла провода соответственно; m_w, V_w, ρ_w - масса, объем, плотность извлеченного провода соответственно.

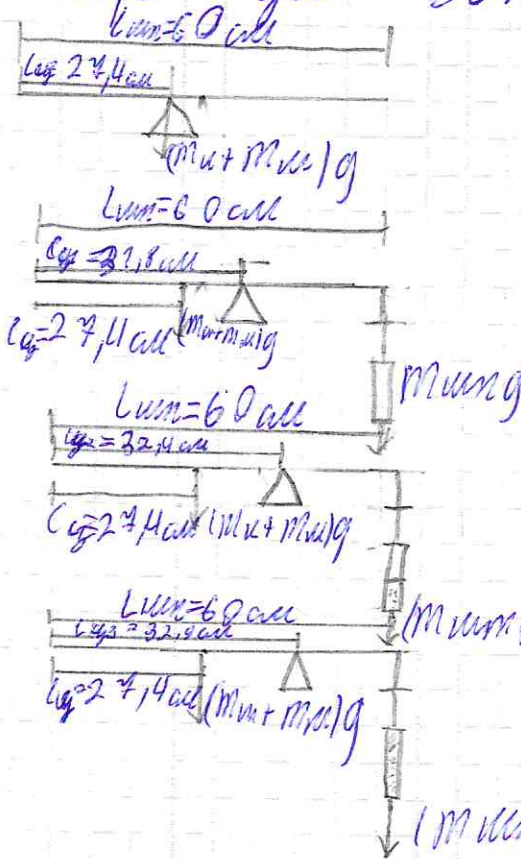
Построить: график зависимости какой-либо части провода от массы груза в равновесии (линейный)

1. Найти V_m и V_w : Измерив линейкой длину извлеченной части провода 30 см (помогая шпательницами) и измерив диаметр проволоки $d = 0,8$ мм, вычислим $V_m = \frac{\pi d^2 l}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot 30}{4} = 15,072$ мм³.
 Из стакана вынимаем шпательницу и закрываем камеру - по ее частоте, но в последующих вычислениях шпательницу закрываем ее так же, поэтому этот объем сократится, но неизменной в ней (шпательница проградуирована) займем, что объем внутри трубки $V_{m1} = 3,9$ мм³, затем вытаскиваем провод со стороны извлечения в трубку и заполняем водой до конца $V_{w1} = 0,8$ мм³, т.е. $V_w = V_{m1} + V_{w1} = 3,9 + 0,8 = 4,7$ мм³, т.е. $V_w + V_{w1} = 3,9 + 0,8 = 4,7$ мм³, где V_w - объем металла извлеченный, а V_{w1} - объем металла внутри извлеченный. Аналогично извлеченной части провода определим те же измерения и вычисления с неизвлеченной, найдем

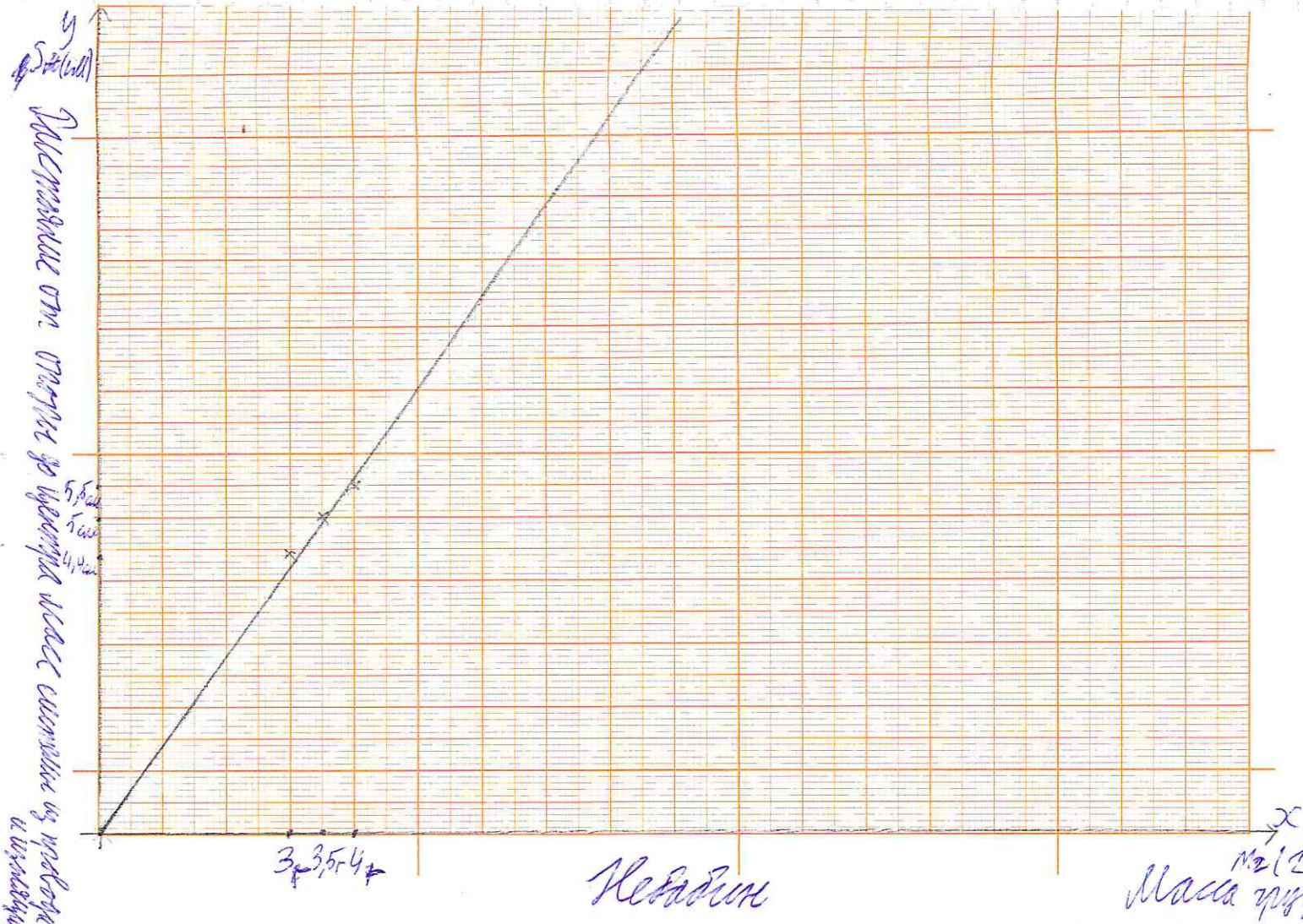
чим, что $V_{M2} = V_{M1} - 3 = 3,9 - 3 = 0,9 \text{ см}^3$. Для V_{M2} - кельза
 измеренный металл, разделим V_{M2} на форму
 измеренной части $R_{M2} = 30 \text{ см}$, получим площадь
 сечения металла и умножим на форму
 измеренной части $R_{M2} = 30 \text{ см}$, получим
 объем измеренного металла $V_{M1} = \frac{V_{M2} \cdot R_{M1}}{R_{M2}} =$
 $= \frac{0,9 \cdot 30}{30} = 0,9 \text{ см}^3$, тогда $V_{M1} = (V_{M1} + V_{M2}) - V_{M2} =$
 $= 3,9 - 0,9 = 2,2 \text{ см}^3$, значит $V_{M1} = V_{M1} + V_{M2} = 0,9 + 0,9 = 1,8 \text{ см}^3$
 2. Проведём



2. Проведём эксперимент с рычагом



Сначала уравновесим провол, найдя
 его центр масс (при $L_{C1} = 27,4 \text{ см}$),
 затем проведём 3 эксперимента
 с добавленным весом $m_{M1}g$ с раз-
 ными раз-вал L_{M2} (в I раз 0 см ,
 во II раз $0,6 \text{ см}$, в III раз 1 см);
 затем ~~найдем~~ найдем, что при
 равновесии на обвесной весовой
 значении m_{M1} и m_{M2} , m_{M1} и
 металл и углы наклона расчитан
~~будут равны~~ будут равны как весовая,
~~составим уравнение~~ составим уравнение



Первая ~~длина~~ ~~энергия~~ ~~масса~~ шпильки подвешивается на провод нулевой массой, которой мы пренебрежем, так как она мала, составим как видно на рисунке два шара радиусами r и $2r$ наименьшее для повышения точности эксперимента. Составим и решим систему уравнений ~~для~~ из уравнений моментов сил в I и II случаях, найдем массу шпильки без воды ($m_{шп}$) и суммарную массу $m_{шп} + m_{в}$ и $m_{шп} + m_{в} + m_{шп}$

$$\begin{cases} (l_{y1} - l_{y2}) \cdot (m_u + m_{шп}) \cdot g = (l_{шп} - l_{y1}) \cdot m_{шп} \cdot g \\ (l_{y2} - l_{y1}) \cdot (m_u + m_{шп}) \cdot g = (l_{шп} - l_{y2}) \cdot (m_{шп} + m_{в1}) \cdot g \end{cases}$$

$m_{в1} = \rho \cdot V_{в1} = 1000 \cdot 0,0000005$ ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ - плотность воды, $V_{в1}$ - находим по формуле в шпильке)

$$m_{в1} = 1000 \cdot 0,0000005 = 0,0005 \text{ кг}$$

$$\begin{cases} (l_{y1} - l_{y2}) \cdot (m_u + m_{шп}) \cdot g = (l_{шп} - l_{y1}) \cdot m_{шп} \\ (l_{y2} - l_{y1}) \cdot (m_u + m_{шп}) = (l_{шп} - l_{y2}) \cdot (m_{шп} + 0,0005) \end{cases}$$

$$\begin{cases} (0,378 - 0,274) \cdot (m_u + m_{шп}) = (0,096 - 0,378) \cdot m_{шп} \\ (0,324 - 0,274) \cdot (m_u + m_{шп}) = (0,6 - 0,324) \cdot (m_{шп} + 0,0005) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0,044(m_u + m_{шп}) = 0,282 \cdot m_{шп} \\ 0,05 \cdot (m_u + m_{шп}) = 0,276 \cdot m_{шп} + 0,138 \cdot 0,0005 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 44(m_u + m_{шп}) = 282 m_{шп} \\ 50(m_u + m_{шп}) = 276 m_{шп} + 0,138 \end{cases}$$

Дополним I на $\frac{50}{44}$

$$\begin{cases} 50(m_u + m_{шп}) = 320,5 m_{шп} \\ 50(m_u + m_{шп}) = 276 m_{шп} + 0,138 \end{cases}$$

Вычитая из I II:

$$0,138 = 44,5 \text{ мм}$$

$$m_{\text{мн}} = 0,003 \text{ кг}$$

Далее из неравномерного I уравнения:

$$44(m_{\text{н}} + m_{\text{м}}) = 282 - 0,003$$

$$44(m_{\text{н}} + m_{\text{м}}) = 0,846$$

$$m_{\text{н}} + m_{\text{м}} = 0,02$$

В II случае найдем сумму $m_{\text{мн}} + m_{\text{вз}}$ и $l_{\text{вз}} - l_{\text{м}}$
 $m_{\text{вз}} = \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{вз}} = 1000 \cdot 2,000007 = 0,002 \text{ кг}$ ($\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, $V_{\text{вз}}$ - найдем по длине проволоки)

$$m_{\text{мн}} + m_{\text{вз}} = 0,003 + 0,002 = 0,004 \text{ кг}$$

~~По данным $(l_{\text{вз}1} - l_{\text{м}1})$, $(l_{\text{вз}2} - l_{\text{м}2})$, $(l_{\text{вз}3} - l_{\text{м}3})$~~

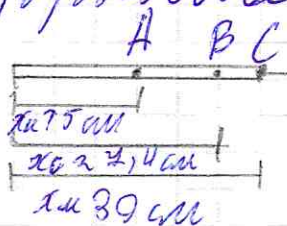
$$\text{и } l_{\text{вз}3} - l_{\text{м}3} = (32,9 - 7,4) = 25,5 \text{ см}$$

По данным $(l_{\text{вз}1} - l_{\text{м}1})$, $(l_{\text{вз}2} - l_{\text{м}2})$, $(l_{\text{вз}3} - l_{\text{м}3})$ и $(m_{\text{мн}})$, $(m_{\text{мн}} + m_{\text{вз}1})$, $(m_{\text{мн}} + m_{\text{вз}2})$ составим

график необходимый в условии.

3. Найдем $m_{\text{н}}$, $\rho_{\text{н}}$ и $m_{\text{м}}$, $\rho_{\text{м}}$.

Поскольку центр масс у прутков оси симметрии располагается в геометрическом центре, так как прутки и извлечены прямолинейно найдем их центр масс.



A, B, C - центры масс извлеченных, ~~прямых~~ ~~используем~~ ~~метод~~ соответственно составим

уравнение центра масс, ~~подставив~~ ~~в~~ ~~уравнение~~

$$m_{\text{н}} x_C = \frac{x_{\text{н}} \cdot m_{\text{н}} + x_{\text{м}} \cdot m_{\text{м}}}{m_{\text{н}} + m_{\text{м}}}$$

$$m_{\text{н}} + m_{\text{м}} = 0,02$$

$$m_{\text{л}} = 0,02 - m_{\text{м}}$$

$$x_{\text{л}} = \frac{x_{\text{л}}(0,02) + x_{\text{м}} \cdot m_{\text{м}}}{m_{\text{л}} + m_{\text{м}}}$$

$$0,244 = \frac{0,15(0,02 - m_{\text{м}}) + 0,3 m_{\text{м}}}{0,02}$$

$$0,00548 = 0,03 - 0,15 m_{\text{м}} + 0,3 m_{\text{м}}$$

$$0,00548 = 0,003 + 0,15 m_{\text{м}}$$

$$0,15 m_{\text{м}} = 0,00248$$

$$m_{\text{м}} = 0,016$$

$$m_{\text{л}} = 0,02 - 0,016 = 0,004 \text{ кг}$$

Калькуля $\rho = \frac{m}{V}$ и масса и объём

$$\rho_{\text{л}} = \frac{m_{\text{л}}}{V_{\text{л}}} = \frac{0,004}{0,0000018} = 8888,9 \text{ кг/м}^3 +$$

$$\rho_{\text{м}} = \frac{m_{\text{м}}}{V_{\text{м}}} = \frac{0,016}{0,0000022} = 7272,7 \text{ кг/м}^3 +$$

Объем: $m_{\text{л}} = 0,004 \text{ кг}$; $V_{\text{л}} = 0,0000018 \text{ м}^3$; $\rho_{\text{л}} = 8888,9 \text{ кг/м}^3$; $m_{\text{м}} = 0,016 \text{ кг}$; $V_{\text{м}} = 0,0000022 \text{ м}^3$; $\rho_{\text{м}} = 7272,7 \text{ кг/м}^3$