

Шифр: В-5

Всероссийская олимпиада школьников
Региональный этап

по физике

2018/2019

Ленинградская область

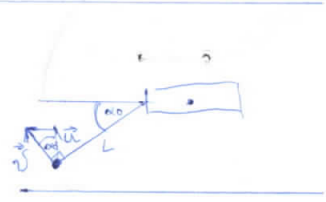
Район Гатчинский

Школа МБОУ СОШ №8

Класс 10

ФИО Павлов Илья Игоревич

Задача 1)



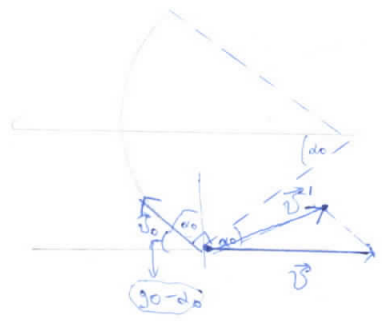
Пусть в системе отсчета Камера скорость лыжника $= v_0$.

v_0 направлена $\perp L$, т.к. лыжник движется по окружности

Составляющая скорости v , равная проекции

Проекция $v_{0y} = u$.

$$u = v_0 \cos \alpha_0 \Rightarrow v_0 = \frac{u}{\cos \alpha_0}$$



Перейдем обратно в систему отсчета Земли.

Чтобы найти величину скорости лыжника, сложим вектора v_0 и v (скорость камеры)

По теореме косинусов:

$$v' = \sqrt{v^2 + v_0^2 - 2vv_0 \cos(90^\circ - \alpha_0)}$$

$$v' = \sqrt{v^2 + \frac{u^2}{\cos^2 \alpha_0} - 2v \frac{u}{\cos \alpha_0} \sin \alpha_0}$$

$$v' = \sqrt{v^2 + \frac{u^2}{\cos^2 \alpha_0} - 2vu \tan \alpha_0}$$

Центросymmetricное ускорение вызвано только силой натяжения троса T, т.к. лыжник не касается воды, следовательно на него не действуют силы сопротивления воды.

~~Сила натяжения троса T вызывает центросymmetricное ускорение.~~

$$T = ma_{\text{ц.с.}}$$

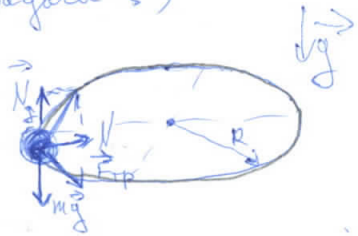
$$T = \frac{mv_0^2}{R}$$

$$T = \frac{mu^2}{L \cos^2 \alpha}$$

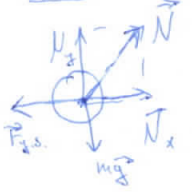
1	2	3	4	5	Σ
3	0	85	3	85	22
Мит	М.	Мит	М.	Мит	

Ответ: $v' = \sqrt{v^2 + \frac{u^2}{\cos^2 \alpha_0} - 2vu \tan \alpha_0}$, $T = \frac{mu^2}{L \cos^2 \alpha}$

Задача 5)



Горизонтальная проекция:



Воздух сверху:



Сила реакции опоры \vec{N} будет складываться из векторов \vec{N}_x и \vec{N}_y .

$$N_x = mg \text{ (т.к. лыжник не движется по вертикали)}$$

$$N_y = ma_{\text{ц.с.}} = \frac{mv_0^2}{R}$$

$$N = \sqrt{N_x^2 + N_y^2} = m \sqrt{g^2 + \frac{v_0^4}{R^2}}$$

$$F_{\text{трения}} = \mu N = \mu m \sqrt{g^2 + \frac{v_0^4}{R^2}}$$

Какая горизонтальная составляющая скорости v_x и вертикальная v_y .

а σ выложено мной тремя, значит:

$$a\sigma = \mu \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}$$



$$\checkmark a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{\mu^2(g^2 + \frac{v^4}{R^2}) + \frac{v^4}{R^2}} = \sqrt{\frac{v^4}{R^2}(1 + \mu^2) + \mu^2 g^2}$$

Каждому нуте по формуле $S = \frac{v_0^2 - v_x^2}{2a}$.

$v_x = 0,99v_0$, т.к. скорость уменьшилась на 1%.

$$S = \frac{v_0^2(1 - 0,99^2)}{2a} = \frac{0,0199v_0^2}{2a} \approx \frac{0,01v_0^2}{a}$$

$$S = \frac{0,01v_0^2}{\sqrt{\frac{v^4}{R^2}(1 + \mu^2) + \mu^2 g^2}}$$

Ответ: 1) $F_{TP} = \mu m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}$ 2) $a = \sqrt{\frac{v^4}{R^2}(1 + \mu^2) + \mu^2 g^2}$

$$3) S \approx \frac{0,01v_0^2}{\sqrt{\frac{v^4}{R^2}(1 + \mu^2) + \mu^2 g^2}}$$

Задача 3)

Упростим схему. Сначала объединим некоторые резисторы.

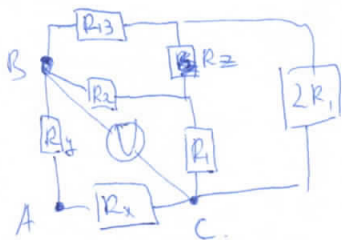
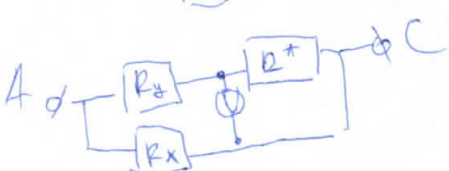
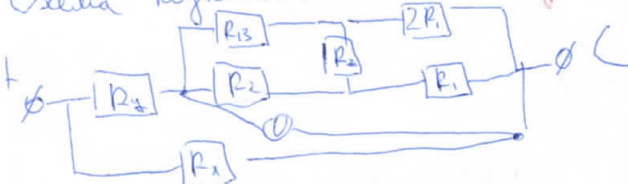


Схема упрощается A-C:



$\frac{R_{13}}{2R_1} = \frac{R_2}{R_1}$, значит из симметрии резисторов через R_2 ток теперь не будет. \checkmark

Эквивалентная схема, где $R^* = \frac{(R_{13} + 2R_1)(R_2 + R_1)}{3R_1 + R_{13} + R_2} = 2k \Omega$.

88

$$U_{y+*} = U_x = U_0$$

$$U_2 = U_* \Rightarrow I_* = \frac{U_*}{R_*} = 2,5 \text{ mA}, R_y = \frac{U_y}{I_y} = \frac{U_0 - U_*}{I_*} = 2k \Omega$$

Ответ: $R_y = 2k \Omega$

Задача 4.

$$pV = \nu RT$$

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$pV = \frac{\rho V_0 RT}{\mu}$$

$$p = \frac{\rho RT}{\mu} \Rightarrow \frac{p}{\rho T} = \text{const}$$

Плотность у поверхности:

$$\rho_0 = \frac{p_0 \mu}{RT} = 5,85 \text{ кг/м}^3$$

За участке от 0 до 2,3 км температура падает с линейной зависимостью от h . Следовательно, $\frac{p}{\rho}$ также линейно зависит от h .

Задача 10-2 "Серый ящик"

0 балл (+20)
не учтено
согр. 0

Цель работы:

Определим сопротивления резисторов R_1 и R_2 , зная значения проводок, присоединяемых к резисторам в средней точке.

Оборудование:

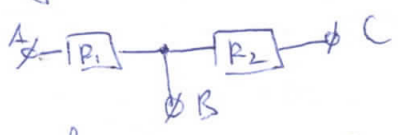
серый ящик, вольтметр, источник.

Ход работы:

1) Определим U_0 (ЭДС источника) с помощью вольтметра.

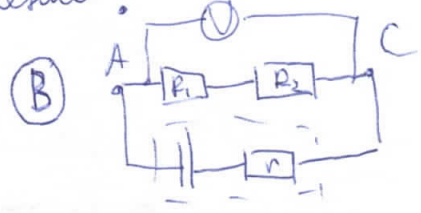
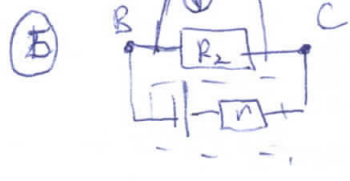
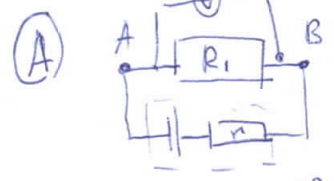
~~$U = 3,22 В$~~ $U_0 = 3,27 \pm 0,005 В$

2) Серый ящик содержит следующую схему:



добавлен 1 балл по п. 3)

Есть 3 варианта её подключения:



На ~~резисторе~~^{элемете} падает напряжение U , тогда на r падает напряжение

$U_0 - U = U_r$

Ток через схему: $I = \frac{U_r}{r} = \frac{U_0 - U}{r} (*)$

Измерения

Измерили напряжение на элеме:

Подключение	$U, В$
синий-коричнев.	2,20
синий-розовый	1,93
коричнев.-розовый	1,24.

Известно, что $R_1 > R_2$. Тогда делаем вывод, что наибольшее напряжение

1) соответствует подключению (Б), 2) соответствует (А), а 3) соответствует

(В), т.к. при последовательном подключении $R_1 + R_2 > R_1$ и $R_1 + R_2 > R_2 \Rightarrow$ так падает ~~меньшее~~^{большее} напряжение.

$U_0 (*)$ найдем сопротивление резисторов:

$R = \frac{U}{I} = \frac{U r}{U_0 - U}$

↪ св.оборот

$$R_1 = \frac{u_1 r}{u_0 - u_1} = 1440 \text{ (Ом)}$$

$$R_2 = \frac{u_2 r}{u_0 - u_2} = 610 \text{ (Ом)}$$

$$R_1 + R_2 = \frac{u_3 r}{u_0 - u_3} = 2056 \text{ (Ом)}$$

- Теоретическое значение $R_1 + R_2 = 1440 \text{ Ом} + 610 \text{ Ом} = 2050 \text{ Ом}$.

Оно сильно отличается от экспериментальной.

Вычислим погрешности:

$$\Delta U = \Delta U_0 = 0,005 \text{ В}$$

$$\epsilon_u = \frac{\Delta U}{U} ; \epsilon_{u_1} = 2,6 \cdot 10^{-3} ; \epsilon_{u_2} = 2,27 \cdot 10^{-3} ; \epsilon_{u_3} = 4 \cdot 10^{-3}$$

$$\epsilon_{R_1+R_2} = \epsilon(u_3 r) + \epsilon(u_0 - u_3) = \epsilon(u_3) + \frac{\Delta U_0 + \Delta U_3}{u_0 - u_3} = \epsilon(u_3) + \frac{2 \Delta U}{u_0 - u_3} = 4,9 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta(R_1 + R_2) = (R_1 + R_2) \epsilon_{R_1+R_2} = 4,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2056 \text{ Ом} = 10,1 \text{ Ом}$$

⇓

$$R_1 + R_2 = \frac{2056 \text{ Ом}}{2056 \pm 10,1 \text{ Ом}}$$

соответствует теоретической
 Это ~~уменьшение~~ ~~теоретическое~~ значение, значение расчитан верно.

Вывод: Погрешности R_1 и R_2 :

$$R_1 = 1440$$

$$\epsilon_{R_1} = \epsilon_{u_1} + \frac{2 \Delta U}{u_0 - u_1} = 0,01$$

$$\Delta R_1 = \epsilon_{R_1} \cdot R_1 = 14,4 \text{ Ом}$$

$$R_1 = 1440 \pm 14,4 \text{ Ом}$$

$$\epsilon_{R_2} = \epsilon_{u_2} + \frac{2 \Delta U}{u_0 - u_2} = 0,01$$

$$\Delta R_2 = \epsilon_{R_2} \cdot R_2 = 6,1 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 610 \pm 6,1 \text{ Ом}$$

Вывод:

$$R_1 = 1440 \pm 14,4 \text{ Ом} ; R_2 = 610 \pm 6,1 \text{ Ом}$$

~~связи~~ развод проводов подключен к точке В, коротковывод к резистору R_2 ,

а ~~развод~~ связь к резистору R_1 .

(добавлен 1 балл по п 4)

Задача 10.2.

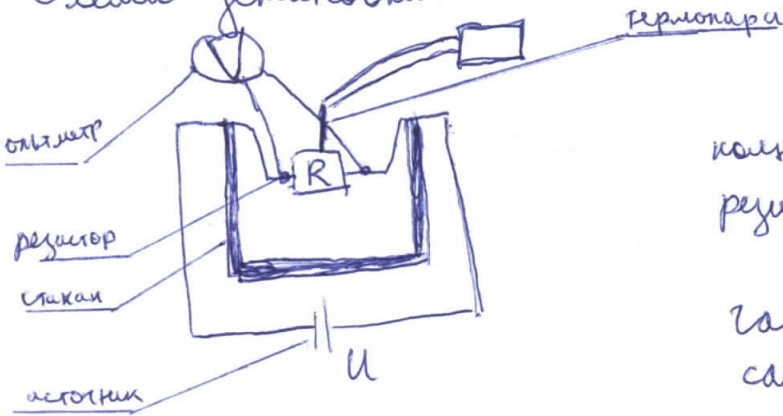
цель работы:

- 1) Определить зависимость мощности тепловых потерь от температуры резистора, построить график зависимости.
- 2) Определить теплоемкость резистора.

Оборудование:

Резистор ($R=100 \text{ Ом}$), стакан, источник постоянного напряжения, мультиметр, термометр, сексундмер, соединительные провода, зажимы.

Схема установки:



По закону Джоуля-Ленца полная мощность, выделяющаяся на резисторе, равна $\frac{U^2}{R}$. При этом

часть мощности идет на нагрев самого резистора, а другая часть - это тепловые потери:

$$\frac{U^2}{R} = P_{\text{нагр.}} + P_{\text{потерь}}$$

Пока мощность тепловых потерь меньше мощности нагрева резистора, температура резистора будет расти. Когда мощности сравняются, резистор перестанет нагреваться дальше, достигнув определенной температуры.

Т.к. в этом случае $\frac{U^2}{R} = P_{\text{нагр.}} = P_{\text{потерь}}$, то $\frac{U^2}{R} = 2P_{\text{потерь}}$

$$P_{\text{потерь}} = \frac{U^2}{2R} \quad (1)$$

Выясним зависимость ~~приложенного к резистору~~ максимальной (для данного напряжения) температуры резистора от напряжения и вычислим $P_{\text{потерь}}$ по формуле (1).

U, В	T, °C	P _{потерь} , мВт
0	26,0	0
0,5	27,0	2,5
1	28,0	10
1,5	28,5	22,5
2	29,0	40
2,5	30,0	62,5
3	31,0	90
3,5	32	122,5
4	35	160
4,5	36	202,5
5	38	250
5,5	41	212,5

Построим график зависимости на отдельном листе.

6.5 мВт

→ В графе температуры указаны некие значения, если показания мультиметра колебались между двумя соседними значениями.

Для того, чтобы определить теплоемкость резистора, запишем закон сохранения энергии:

$$Q = Q_{\text{потерь}} + Q_{\text{коррект}}.$$

$$\frac{U^2}{R} \tau = c \Delta T + P_{\text{потерь}}(T) \tau \quad (\text{т.к. } P_{\text{потерь}} \neq \text{const, зависит от } T)$$

(τ - время коррекции)

$$c = \frac{\left(\frac{U^2}{R} - P(T)\right) \cdot \tau}{\Delta T} \quad (2)$$

Т.к. зависимость $P(T)$ можно ~~нельзя~~ на промежутке почти всего графика считать линейной, будем использовать в формуле (2) среднее значение $P_{\text{потерь}}$ на промежутке:

$$c = \frac{\left(\frac{U^2}{R} - \overline{P_{\text{потерь}}}\right) \cdot \tau}{\Delta T}$$

U, В	τ , с	ΔT , °C	c, $\frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}$
3			
3	75	8 4	0,84
4	90	9	0,8
5	105	12	1,1

Среднее квадратичное значение c:

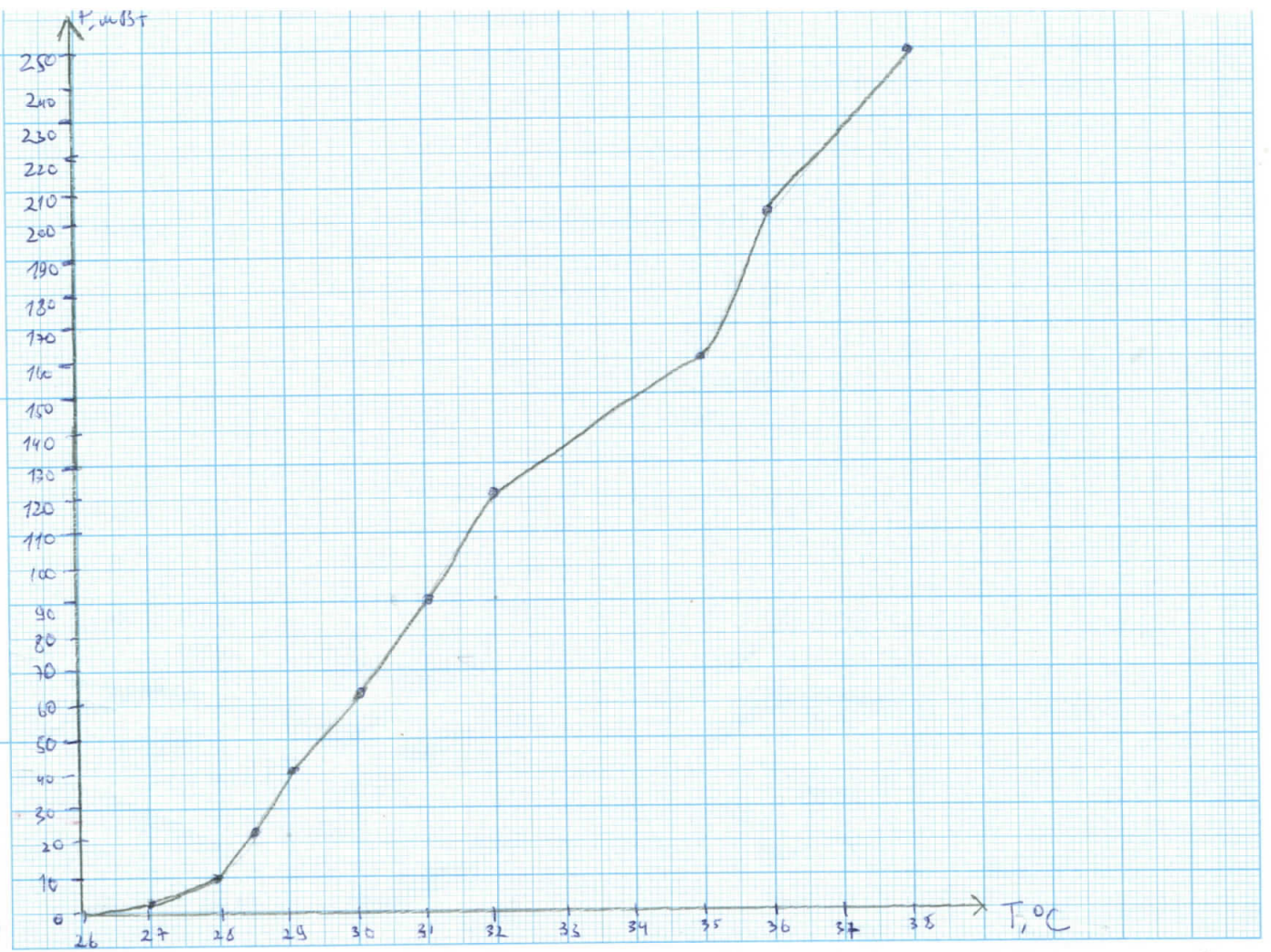
$$\bar{c} = \sqrt{\frac{0,84^2 + 0,8^2 + 1,1^2}{3}} = 0,92 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}$$

Вывод:

- 1) Я определил зависимость мощности теплопотерь от температуры резистора и построил график.
- 2) Я определил теплоемкость резистора: $c = 0,92 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}$

Попутности
 $\Delta U = 0,005 \text{ В}$
 $\Delta T = 0,5^\circ\text{C}$

Falter



B-05