

Шифр: В - 16

Всероссийская олимпиада школьников  
Региональный этап

Русика

2018/2019

Ленинградская область

Район ВСЕВОЛОЖСКИЙ

Школа Кузнецовская №1

Класс 10 Б

ФИО КОГАН СТАНИСЛАВ

КОНСТАНТИНОВИЧ



# Задача №4

лист 1

B-16

Дано

$$\mu = 28 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$p_0 = 500 \text{ кПа}$$

$$h_1 = 1 \text{ км}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$p_1 = ?$$

$$p_1 = ?$$

СИ

$$28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$1000 \text{ м}$$

Решение

1) используя график, укажите температуру газа на высоте  $h_0 = 0 \text{ км}$  и  $h_1 = 1 \text{ км}$ :

$$T_0 = 15^\circ \text{C} = (15 + 273) \text{ K} = 288 \text{ K}$$

$$T_1 = -20^\circ \text{C} = (-20 + 273) \text{ K} = 253 \text{ K}$$

2). Рассмотрим некоторый объем газа ( $V_0$ ) на поверхности. Запишем для него уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$p_0 V_0 = \frac{m}{\mu} R T_0$$

Т.к.  $m = \rho_0 V_0$ , то

$$p_0 V_0 = \frac{\rho_0 V_0}{\mu} R T_0$$

$$p_0 = \frac{\rho_0}{\mu} R T_0 \Rightarrow \rho_0 = \frac{p_0 \mu}{R T_0}$$

$$\rho_0 = \frac{5 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 288 \text{ K}} = \frac{14000 \text{ кг}}{2333,28 \text{ м}^3}$$

3) Рассмотрим газ с объемом  $V$ .

запишем для двух его состояний (с поверх. и на  $h_1$ ) уравнение Клапейрона:

$$\frac{p_0 V}{T_0} = \frac{p_1 V}{T_1} \quad | : V$$

$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_1}{T_1} \Rightarrow p_1 = \frac{p_0 T_1}{T_0}$$

$$p_1 = \frac{5 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 253 \text{ K}}{288 \text{ K}} \approx 439236 \text{ Па}$$

4). Для газа массой  $m$  запишем ур-е Менделеева-Клапейрона

$$p_0 V_0 = \frac{m}{\mu} R T_0; \quad p_0 \frac{m}{\rho_0} = \frac{m}{\mu} R T_0; \quad \frac{p_0}{\rho_0} = \frac{R T_0}{\mu}, \quad \frac{p_0 \mu}{\rho_0 T_0} = R$$

$$p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1; \quad \frac{p_1}{\rho_1} = \frac{R T_1}{\mu}; \quad \frac{p_1}{\rho_1} = \frac{R T_1}{\mu}$$

$$\Rightarrow p_1 = \frac{p_1 \rho_0 T_0}{\rho_0 T_1}$$

$$4) \frac{p_0}{\mu} R T_0 = \frac{p_1}{\mu} R T_1$$

$$p_0 T_0 = p_1 T_1 \Rightarrow p_1 = \frac{p_0 T_0}{T_1}$$

$$p_1 = \frac{14000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 288 \text{ К}}{253 \text{ К}} \approx 6,66 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Ответ:  $\rho_1 = 439236 \text{ Па}$ ;  $\rho_1 = 6,66 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

### Задача №2

Дано

$$\varphi = 30^\circ$$

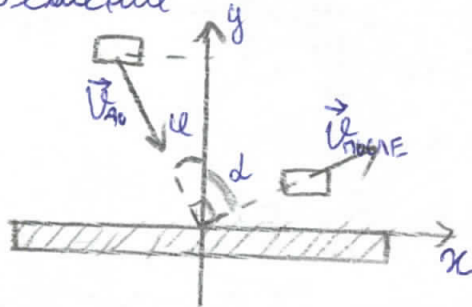
$$v_{go} = v_{\text{после}}$$

$$\alpha \leq \mu \leq \beta$$

и

$$x = ?; y = ?$$

Решение



$$1) \alpha = 90^\circ - \varphi$$

$$\alpha = 60^\circ$$

2) Найти проекции скорости шайбы до столкновения ( $v_{go}$ ) на  $Ox$  и  $Oy$ :

$$v_{go_x} = \sin \varphi \cdot v = \frac{1}{2} v; v_{go_y} = -\cos \varphi \cdot v = -\frac{\sqrt{3}}{2} v$$

3) Найти проекции скорости шайбы после столкновения

( $v_{\text{после}}$ ) на  $Ox$  и  $Oy$ :  $v_{\text{после}_x} = v \cdot \sin \alpha = v \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$ ;  $v_{\text{после}_y} = v \cdot \cos \alpha = \frac{1}{2} v$

4) Заметим, что  $|v_{go_x}| = |v_{\text{после}_y}|$ , а  $|v_{go_y}| = |v_{\text{после}_x}|$  и т.д.

5) Также можно получить, если найти вектор скорости шайбы, проекции которой равны ее

$$Ox: v_{\pi_x} = -v_{\text{после}_x} + v_{go_x} = v \left( \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$Oy: v_{\pi_y} = -v_{\text{после}_y} + v_{go_y} = v \left( \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \right)$$

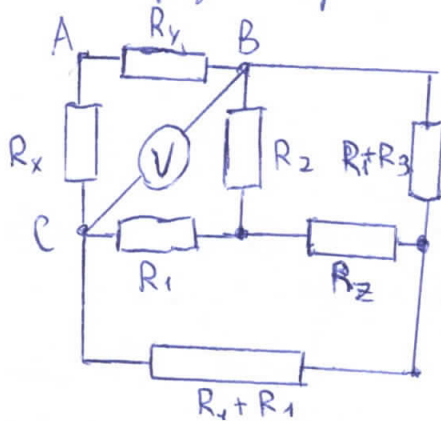
Таким образом скорость шайбы равна:

$$|\vec{v}_{\pi}| = \sqrt{v_{\pi_x}^2 + v_{\pi_y}^2} = \sqrt{v^2 \left( \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 + v^2 \left( \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \right)^2} = v \left( \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \sqrt{2}$$

### Задача №3

Для решения этой задачи необходимо совершить преобразования над схемой:

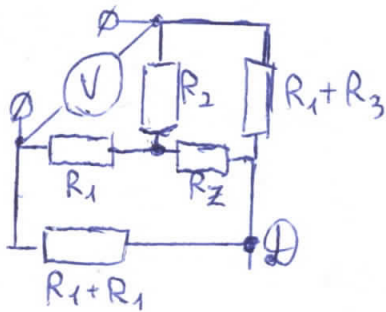
1) В схеме встречаются очевидные последовательные соединения резисторов. Упростим схему:



05

2) При подключении источника вольтметр покажет напряжение внешней цепи.

3) Так как мы не знаем, какая часть цепи окажется неизменной в обоих случаях:



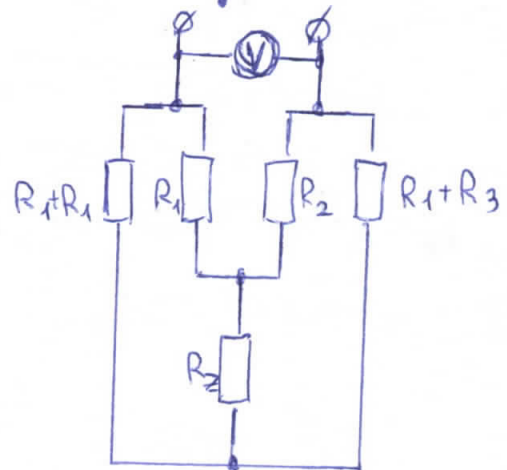
4) заметим в паузочной цепи симметрию в расположении резисторов (особенно это видно, если один из концов  $R_2$  соединён с D). Представим эквивалентную этой схеме схему:

5) Выпишем общее сопротивление этой части цепи:

$$\frac{1}{R_{об}} = \frac{1}{R_1 + R_1} + \frac{1}{R_1 + R_3} + \frac{1}{1 : (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}) + \frac{1}{R_3}}$$

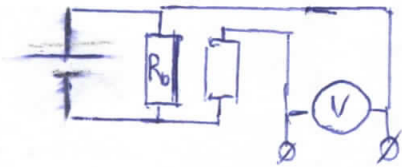
$$\frac{1}{R_{об}} = \frac{6Z + 15}{12 + 8Z}$$

$$R_{об} = \frac{12 + 8Z}{6Z + 15}$$



6) Стоит заметить, что показания вольтметра в обоих случаях будут отличаться из-за того, что на месте  $R_0$

Будут показываться разные резисторы (в первом  $R_y$ ; во 2-м -  $R_x$ )

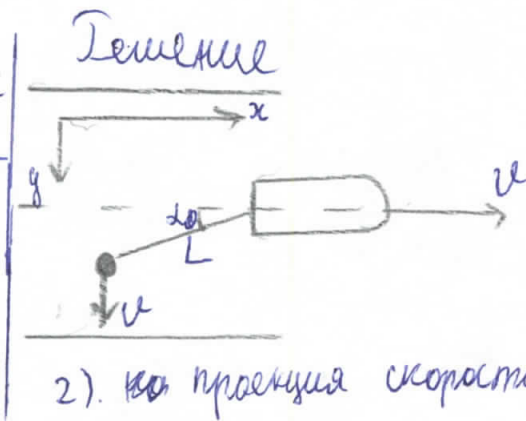


4).  $R_0$  соединён параллельно с остальным участком цепи

### Задача №1

Дано  
 $L; L_0; m; U$

$T = ?$   
 $|\vec{v}_0| = ?$



1) Заметим, что водномыжник, курсируя от одного берега до другого ведёт себя как математический маятник.

2) ~~по~~ проекция скорости катера на  $Ox$  равна  $U$ , а скорости спортсмена на  $Oy$  равна  $U$

3) найдём модуль скорости спортсмена относительно берега в этот момент по теореме Пифагора:

$$|\vec{v}_0| = \sqrt{U^2 + U^2} = U\sqrt{2}$$

4) по II закону Ньютона в векторной форме

$$\vec{a}m = \vec{T} + \vec{F}_{\text{сопр. в. АБЛ}} + m\vec{g} + \vec{F}_A$$

т.к. водномыжник оторван от воды  $a_z = 0$ ;  $F_A = 0$ ;  $F_{\text{сопр. в.}} = 0$

$$\vec{a}m = \vec{T} + m\vec{g}$$

т.к. водномыжник не отстаёт от катера и не догоняет его с ускорением, то  $a_x = 0$

$$Oy: a_y m = -T \cdot \sin \alpha_0 \quad \Rightarrow \quad T = \sqrt{\left(\frac{\sin \alpha_0}{a_y m}\right)^2 + m^2 g^2}$$

$$Oz: 0 = mg + T$$

*0,5 мпт*

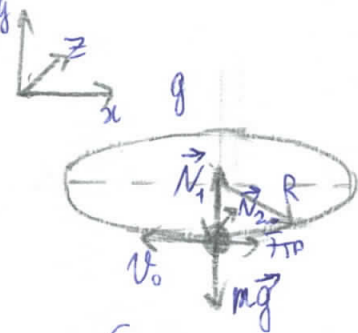
Задача №5

Дано

$R; m; g; \mu$   
 $v_0$

$|\vec{F}_{TP0}| = ?$

Решение



1) по II закону Ньютона в вект. форме

$$\vec{a}m = \sum \vec{F}$$

$$(\vec{a}_y + \vec{a}_0)m = \vec{N}_1 + \vec{N}_2 + m\vec{g} + \vec{F}_{TP0}$$

1. Провалившее кольцо gleдет из траектории бублика окружностью. Поэтому сила реакции опоры ( $\vec{N}$ ) является суммой сил  $\vec{N}_1$  и  $\vec{N}_2$

2.  $\vec{a}_y$  не влияет на изменение ~~скорости~~ модуля скорости, а  $\vec{a}_0$  способствует торможению бублика.

3.  $a_y = \frac{v^2}{R}$

4. найдем проекции сил на оси OX; OY; OZ:

$$OX: a_y m = F_{TP0} \Rightarrow a_0 = \frac{F_{TP0}}{m}$$

$$OY: 0 = -mg + N_1; N_1 = mg$$

$$OZ: m \frac{v^2}{R} = N_2$$

Найдем  $|\vec{N}|$  по теореме Пифагора:

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

$$|\vec{F}_{TP0}| = \mu |\vec{N}| = \mu \sqrt{m^2 g^2 + \frac{v_0^4 m^2}{R^2}} \quad \checkmark$$

2) найдем  $|\vec{a}|$  по теореме Пифагора:

$$|\vec{a}| = \sqrt{\frac{F_{TP0}^2}{m^2} + \frac{v^4}{R^2}} = \sqrt{\frac{\mu^2 (m^2 g^2 + \frac{v_0^4 m^2}{R^2})}{m^2} + \frac{v_0^4}{R^2}} = \sqrt{\mu^2 (g^2 + \frac{v_0^4}{R^2}) + \frac{v_0^4}{R^2}} \quad \checkmark$$

3) 1. "скорость бублика уменьшилась на 1%" означает:

$$\frac{v_0}{v_0} = \frac{0,99}{1,01}, \text{ т.к. } v = v_0 - at, \text{ то } \frac{v_0 - at}{v_0 - at} = 0,99$$

2. Найдем угловую скорость бублика  $\omega = \frac{2\pi \cdot 2\pi R}{(v_0 - at)} = \frac{4\pi^2 R}{v_0 - at}$

$$3. S = \frac{\omega t^2 R}{360^\circ} = \frac{4\pi R^2 t}{(v_0 - at)360^\circ} \quad (2)$$

4. пометавим (1) в (2)

~~$$S = \frac{4\pi^3 R^2}{\left(\frac{v_0}{t} - \sqrt{\mu^2 \left(g^2 + \frac{v_0^4}{R^2}\right) + \frac{v_0^4}{R^2}}\right) 360^\circ}$$~~

$$5. a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0,99v_0 - v_0}{t} = \frac{0,01v_0}{t} \Rightarrow t = \frac{0,01v_0}{a} \quad \checkmark$$

6.

~~$$S = 4\pi^3 R^2$$~~

пометавим ~~в~~ пометавим в числитель графа в (2)  $t$ , получим

$$S = \frac{4\pi^3 R^2 \frac{0,01v_0}{a}}{360^\circ (v_0 - 0,01v_0)} = \frac{4\pi^3 R^2 \frac{0,01v_0}{a}}{0,99 \cdot v_0 \cdot 360^\circ} \quad \text{Т.к. } 360^\circ = 2\pi \text{ (градусов)}$$

$$S = \frac{2\pi^2 R^2 \cdot 0,01}{99 \cdot a} \quad \text{пометавим вместо ускорения (1)}$$

$$S = \frac{2\pi^2 R^2}{99 \cdot \sqrt{\mu^2 \left(g^2 + \frac{v_0^4}{R^2}\right) + \frac{v_0^4}{R^2}}} \quad (3)$$

45.

выражение (3) — искомое



Общая

## Задача 10.2

- 1) Используя, собранную установку пронаблюдаем за изменением температуры резистора ( $T$ ) от времени. Рассмотрим два случая: когда  $U_{ист} = 4,05 \text{ В}$  и когда  $U_{ист} = 5,45 \text{ В}$ . Измерение температуры (график I) (график II)

Будем производить каждые 5 секунд.

- 2) Заметим из графиков, что с возрастанием температуры резистора последующее увеличение  $T$  на  $1^\circ\text{C}$  наступает с еще большей задержкой. Значит мощность теплотеря увеличивается со временем.

- 3). Найдем ~~количество~~ мощность резистора в обоих случаях:

$$P = I U \quad \text{т.к. по закону Ома } I = \frac{U}{R}, \text{ то } P = \frac{U^2}{R}$$

$$P_I = \frac{4,05^2 \text{ В}^2}{100 \text{ Ом}} = 0,164025 \text{ Вт} \quad P_{II} = 0,294025 \text{ Вт}$$

- 4). Найдем количество теплоты, которое потребовалось, чтобы резистор изменил свою температуру с  $T$  до  $T+1$

$T$	$24^\circ\text{C}$	$28^\circ\text{C}$	$29^\circ\text{C}$	$30^\circ\text{C}$	$31^\circ\text{C}$	$32^\circ\text{C}$
$Q_{I(20s)}$	1,64025	3,2805	8,20125	15,582375	—	—
$Q_{II(20s)}$	—	1,485125	4,455375	5,9405	5,9405	4,425625
$Q_I - Q_{II(20s)}$	—	1,795375	3,745875	9,641875	—	—

- ~~5). Таким образом из таблицы можно понять, что теплотеря увеличивалась с каждым градусом по закону квадратичной функции с коэффициентом  $k$ :  $y = kx^2$~~

- ~~6) Мощность теплотеря ( $P$ ) равна теплотеря, деленной на  $t$ . Значит график  $y$  мощности будет линейным, но вместо  $k$  он будет  $\frac{k}{t_I}$~~

- ~~7) построим график II, где  $P_I = \frac{Q_I - Q_{II}}{t_I}$~~

- ~~8)  $Q$  затраченное на нагревание резистора находится по формуле:  
 $Q = cm\Delta T + P_{\text{т}} t$ , но также  $Q = Pt$ , вы приравняем обе части:~~

$$Pt = cm\Delta T + P_T t \Rightarrow c = \frac{2(P - P_T)}{m\Delta T}$$

и востановим графиком I

$$c = \frac{(145c - 80c)(0,164025 \text{ Вт} - \frac{9,641845 \text{ Дж}}{145c - 80c})}{m \cdot 1^\circ\text{C}} \approx \frac{5,94 \text{ Дж}}{m \cdot 1^\circ\text{C}}$$

Пусть масса резистора равна  $25 \text{ г}$ , тогда

$$c = \frac{5,94 \text{ Дж}}{0,025 \text{ кг} \cdot 1^\circ\text{C}} = 237,6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Ответ:  $c = 237,6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

5).  $Q_I = cm\Delta T + P_T \cdot t(1)$ , где  $P_T$  - мощность термометра

$Q = cm\Delta T = \text{const}$  для нашей модели  $\Rightarrow Q_I = Q + P_T \cdot t \Rightarrow$

$$\Rightarrow t = \frac{Q_I - Q}{P_T}$$

для  $24^\circ\text{C}$ :  $10 \text{ с} = \frac{1,6025 \text{ Дж}}{P_T} Q$  (1)      для  $28^\circ\text{C}$ :  $20 \text{ с} = \frac{3,2805 \text{ Дж}}{P_T} Q$  (2)

для  $29^\circ\text{C}$ :  $40 \text{ с} = \frac{8,20125 \text{ Дж}}{P_T} Q$       для  $30^\circ\text{C}$ :  $100 \text{ с} = \frac{15,582345 \text{ Дж}}{P_T} Q$

таким образом наблюдаем линейную зависимость  $P_T$  от  $t$

6) вычтем (1) из удвоенного (2), получим

$$\frac{1,6025 \cdot 2 - 2Q}{P_T} = \frac{3,2805 - Q}{P_T} \quad | \cdot P_T$$

$$3,205 - 2Q = 3,2805 - Q$$

$$Q = \frac{0,0755}{1} = 0,0755$$

$$Q \approx 0,0258$$

Значит мощность резистора равна  $0,0258 \text{ Дж}$

4) Вычислим  $P_T$  по формуле  $P_T = \frac{Q_I - Q}{t}$  для  $24^\circ\text{C}$  и  $28^\circ\text{C}$ :

для  $24^\circ\text{C}$ :  $P_T = \frac{1,64025 \text{ Дж} - 0,0258 \text{ Дж}}{10 \text{ с}} = 0,161465 \text{ Вт}$

для  $28^\circ\text{C}$ :  $P_T = \frac{3,2805 \text{ Дж} - 0,0258 \text{ Дж}}{20 \text{ с}} = 0,162435 \text{ Вт}$

Построим график  $P_T(t)$  (График IV)

Ответ:  $Q = 0,0258 \text{ Дж}$

# Задача 10-2

по  
уменьш. сопр. @

1 лаф В-16

1) Соединить источник и «серый» ящик мы можем всего тремя способами (переключаются цвета пары проводов «серого ящика»): синий-красный; синий-светлый; красный-светлый.

2) Составим таблицу с напряжениями в этих трёх случаях:

I	красн.-синий	1,33 В
II	синий-светл	2,19 В
III	красный-светл	1,22 В

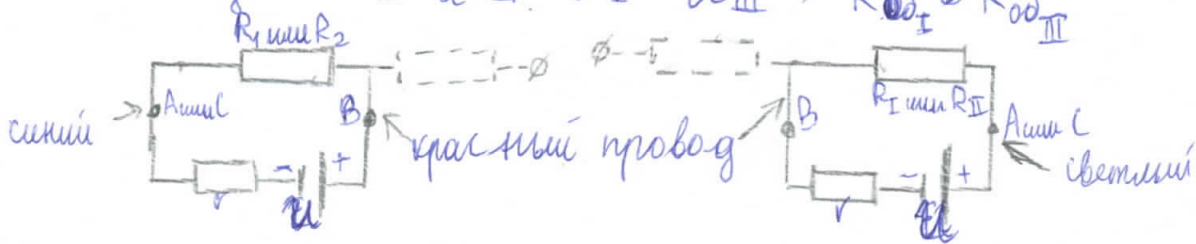
3) по закону Ома:  $I = \frac{U}{R} \Rightarrow U = IR$ . Напряжение на участке цепи зависит от сопротивления пропорционально.

4) Заметим, что во всех случаях, где используется красный провод напряжение меньше. ( $U_I < U_{II}$ ;  $U_{III} < U_{II}$ ). Значит в случаях I и III сопротивление «серого ящика» меньше, чем в случае II. Это возможно только если в случае II не использовался провод В:



таким образом красный провод соединён с В

5) Сравним случаи I и III:  $U_I > U_{III} \Rightarrow R_{обI} > R_{обIII}$



т.к.  $R_I > R_{II}$ , а  $R_{обI} > R_{обII}$ , то синий соединён с точкой А, а светлый провод соединён с точкой С.

6). Измерим напряжение источника при помощи вольтметра  
 $U \approx 3,21 \text{ В}$

7) Рассмотрим случай I:

по закону Ома для полной цепи:  $I = \frac{U}{R_{\text{цепи}} + r}$  (1)

т.к. все резисторы во всех случаях соединены последовательно,  
то I на всех из них будет одинаково. Выразим I через  $R_1$ :

$$I = \frac{U_I R_1}{R_1} \quad (2)$$

Подставим (1) в (2), получим:  $\frac{U_I R_1}{R_1} = \frac{U}{R_{\text{цепи}} + r}$

т.к. в случае I  $R_{\text{цепи}} = R_1$ , то  $\frac{U_I R_1}{R_1} = \frac{U}{R_1 + r} \Rightarrow$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{U_I}{U} \cdot (R_1 + r); \quad R_1 = \frac{U_I R_1}{U} = \frac{U_I r}{U} \cdot R_1; \quad R_1 \left(1 - \frac{U_I}{U}\right) = \frac{U_I r}{U} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{U_I r}{U \left(1 - \frac{U_I}{U}\right)}$$

$$R_1 = \frac{1,93 \text{ В} \cdot 1000 \text{ Ом}}{3,21 \text{ В} \left(1 - \frac{1,93 \text{ В}}{3,21 \text{ В}}\right)} \approx 1508 \text{ Ом}$$

8) Для случая II получим формула:  $R_2 = \frac{U_{II} r}{U \left(1 - \frac{U_{II}}{U}\right)}$

$$R_2 = \frac{1,22 \text{ В} \cdot 1000 \text{ Ом}}{3,21 \text{ В} \left(1 - \frac{1,22 \text{ В}}{3,21 \text{ В}}\right)} \approx 613 \text{ Ом}$$

9) Определим погрешность, используя данные случая II

$$R_1 + R_2 = \frac{U_{II} r}{U - U_{II}}; \quad R_1 + R_2 = \frac{2,19 \text{ В} \cdot 1000 \text{ Ом}}{3,21 \text{ В} - 2,19 \text{ В}} \approx 2144 \text{ Ом}$$

Коефициент погрешности равен:

$$k = \frac{2144 \text{ Ом}}{1508 \text{ Ом} + 613 \text{ Ом}} \approx 1,0123$$

Ответ:  $R_1 \approx 1508 \text{ Ом}$ ;  $R_2 \approx 613 \text{ Ом}$

# График I

B-16



Flatter

Традиция II

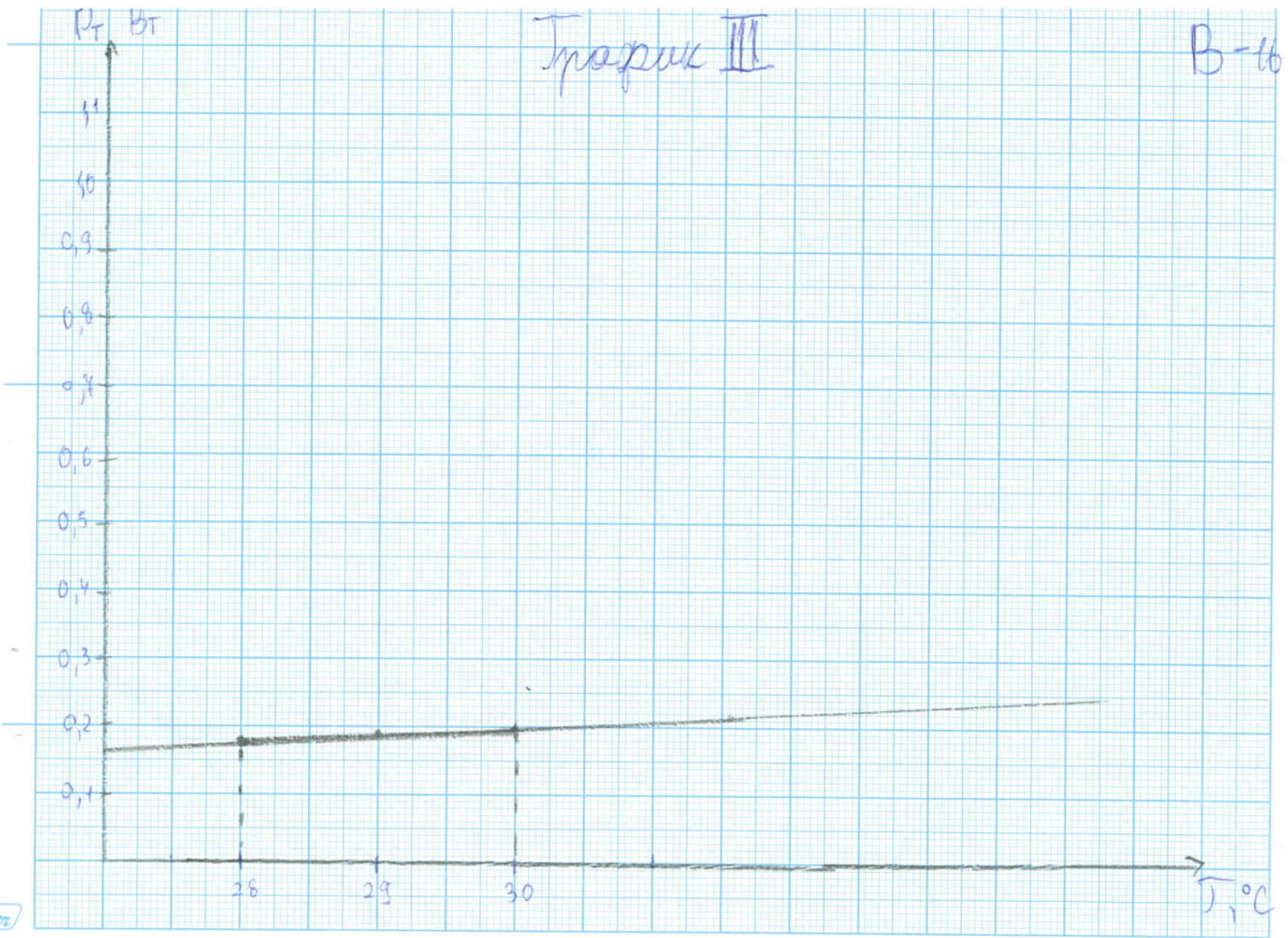
B-16



# Трафик III

B-16

Falber



# Трапер IV

B-16

