

Региональный этап  
всероссийской олимпиады школьников

по физике в 2019 г.

1/2/3/4/5  
8/1/0/0/9

ПЕРВЫЙ ТУР

Фамилия Дроздова

Имя Алёна

Отчество Михайловна

Класс 10

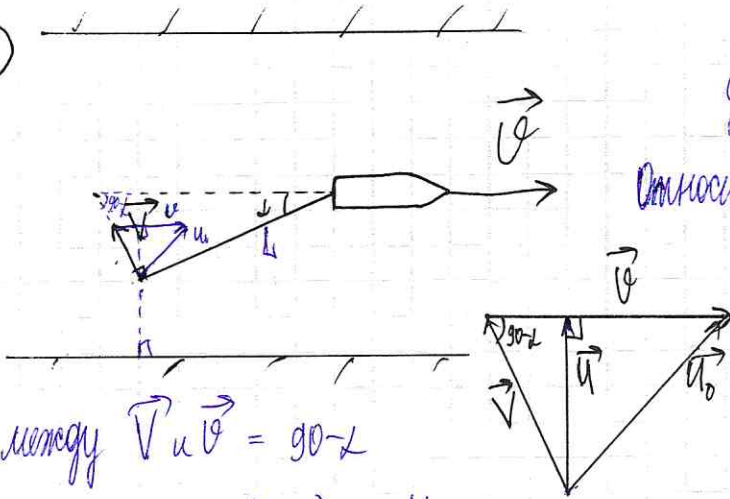
Территория г. Пермь

Полное наименование образовательной организации (по Уставу) \_\_\_\_\_

МАОУ "СОШ № 146 с углубленным изучением математики, физики, информатики" г. Пермь

10 класс

Шифр Ф10-9



Относительно берега лодка движется со скоростью  $V$ , перпендикулярно течениям  
 Относительно берега ее скорость равна  $\vec{V} + \vec{u} = \vec{V}_0$

Расстояние от лодки до правого берега увеличивается со скоростью  $u \sin \alpha$  на нормаль к берегу ( $u$ )

$\angle$  между  $\vec{V}$  и  $\vec{V}_0 = 90 - \alpha$

$$\sin(90 - \alpha) = \frac{u}{V}$$

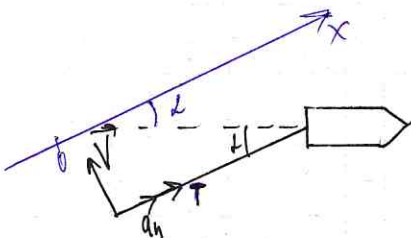
$$V = \frac{u}{\cos \alpha}$$

По теореме косинусов.

$$u_0^2 = V^2 + V^2 - 2V^2 \cos(90 - \alpha)$$

$$u_0^2 = V^2 + \frac{u^2}{\cos^2 \alpha} - 2V \frac{u \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

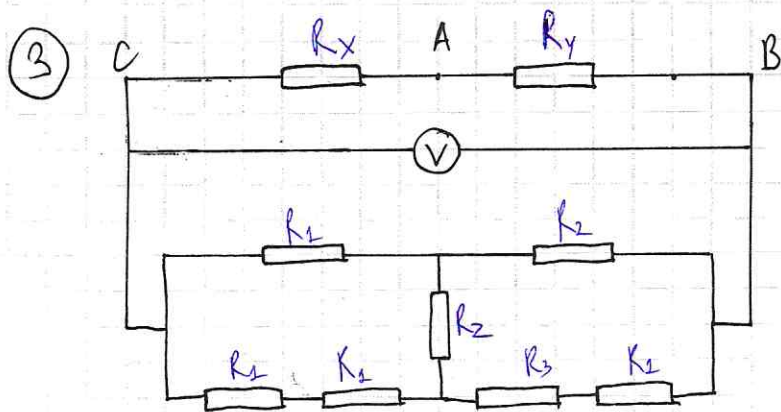
$$u_0 = \sqrt{V^2 + \frac{u^2}{\cos^2 \alpha} - 2Vu \operatorname{tg} \alpha}$$



Ох:  $ma_n = T$  по II закону

$$a_n = \frac{V^2}{L} = \frac{u^2}{\cos^2 \alpha}$$

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

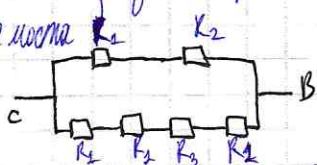


Заметим, что мост C-B балансируемый  $\frac{R_1}{2R_2} = \frac{R_2}{R_2+R_3} = 2$

тогда ток через резистор  $R_2$  не течет (при мосте из точек AB и AC)

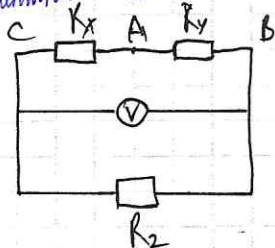
резистор  $R_2$  - лишнее

Найдем сопротивление моста

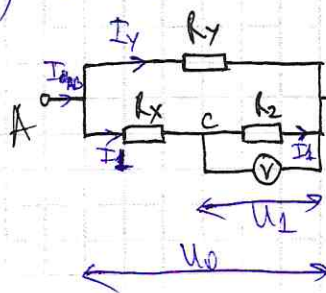


$$R_{CB} = \frac{(R_1+R_2)(2R_2+R_3)}{4R_2+R_2+R_3} = \frac{3 \cdot 6}{9} \text{ кОм} = 2 \text{ кОм} = R_2$$

Эквивалентная схема:



1)  $U_0$  к A и B



$$I_{AB} = I_1 + I_2 = \frac{U_0}{R_y} + \frac{U_1}{R_2}$$

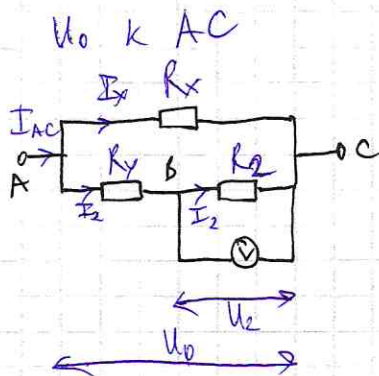
по 3-му закону:

$$\begin{cases} I_2 = \frac{U_1}{R_2} \\ I_1 = \frac{U_0 - U_1}{R_x} \end{cases}$$

$$\frac{U_1}{R_2} = \frac{U_0 - U_1}{R_x}$$

$$R_x = R_2 \left( \frac{U_0}{U_1} - 1 \right) = 2 \text{ кОм} \left( \frac{10}{4} - 1 \right) = 3 \text{ кОм}$$

2)



По закону Ома:

$$\begin{cases} I_2 = \frac{U_2}{R_2} \\ I_2 = \frac{U_0 - U_2}{R_y} \end{cases}$$

$$\frac{U_2}{R_2} = \frac{U_0 - U_2}{R_y}$$

$$R_y = R_2 \left( \frac{U_0}{U_2} - 1 \right) = 2 \text{ кОм} \left( \frac{10}{5} - 1 \right) = 2 \text{ кОм}$$

$$I_{AC} = I_x + I_2 = \frac{U_0}{R_x} + \frac{U_2}{R_2} = \frac{10}{3} \text{ мА} + \frac{5}{2} \text{ мА} = \frac{35}{6} \text{ мА} = 5\frac{5}{6} \text{ мА} = 5,83 \text{ мА}$$

$$I_{AB} = \frac{U_0}{R_y} + \frac{U_1}{R_2} = \frac{10}{2} \text{ мА} + \frac{4}{2} \text{ мА} = 7 \text{ мА}$$

Ответ:

$R_x = 3 \text{ кОм}$
$R_y = 2 \text{ кОм}$
$R_2 = \text{мале}$
$I_{AB} = 7 \text{ мА}$
$I_{AC} = 5,83 \text{ мА}$

4) Рассчитать какое-то количество воздуха ( $V$ ) у поверхности планеты и на высоте  $h$ .

Модель. При переходе из одного состояния к другому к воздуху не передается к не отводится тепло

↓  
адиабатический процесс

П.к. газ идеальный, но  $i=3$

$$p^3 V^5 = \text{const}$$

По уравнению М-к  $p^5 V^5 = \rho^5 R^5 T^5$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{p^5 V^5}{T^5} &= \text{const} \\ p^5 V^5 &= \text{const} \end{aligned} \right.$$

$$\frac{p^2}{T^5} = \text{const}$$

$$\frac{p^2}{T^5} = \text{const}$$

$$\frac{p_0^2}{T_0^5} = \frac{p_1^2}{T_1^5}$$

$$p_1 = p_0 \left( \frac{T_1}{T_0} \right)^{5/2}$$

По таблице  $T_0 = 15^\circ\text{C} = 288\text{K}$

$T_1 = -18^\circ\text{C} = 255\text{K}$

$$p_1 = 500 \text{ кПа} \left( \frac{255}{288} \right)^{5/2} = \underline{368,8 \text{ кПа}}$$

По уравнению МКТ  $pV = \frac{m}{M} RT$

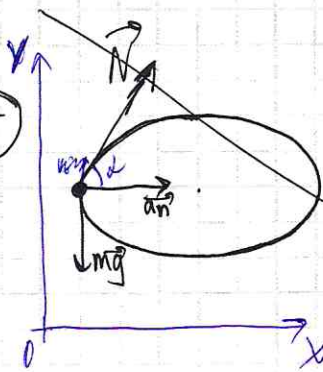
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{MP}{RT}$$

$$\rho_1 = \frac{28 \cdot 10^{-3} \cdot 368,8 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 255} \frac{\text{кг} \cdot \text{Па}}{\text{м}^3} = \underline{4,87 \text{ кг/м}^3}$$

Ответ:  $p_1 = 368,8 \text{ кПа}$

$\rho_1 = 4,87 \text{ кг/м}^3$

5



в плоскости, перпендикулярной  $\vec{v}_0$  и  $\vec{F}_{\text{тр}}$ :

$$m \vec{a}_n = \vec{N} + m \vec{g}$$

$$\text{ox: } m a_n = N \cos \alpha$$

$$N = \frac{m a_n}{\cos \alpha}$$

$$a_n = \frac{v_0^2}{R}$$

$$N = \frac{m \sqrt{a_n^2 + g^2}}{\cos \alpha} = m \sqrt{a_n^2 + g^2}$$

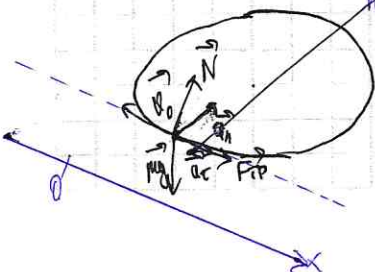
вектор  $\vec{F}_{\text{тр}}$  параллелен вектору  $\vec{v}_0$

$\vec{F}_{\text{тр}} \perp \vec{v}_0$

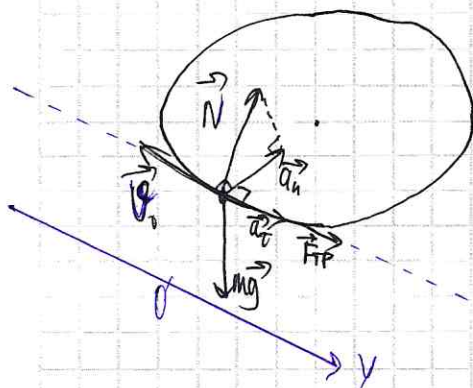
$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu m \sqrt{\frac{v_0^4}{R^2} + g^2}$$

по II закону на ox:  $a_x = \frac{F_{\text{тр}}}{m} = \mu \sqrt{\frac{v_0^4}{R^2} + g^2}$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_x^2} = \sqrt{\frac{v_0^4}{R^2} + \mu^2 \frac{v_0^4}{R^2} + \mu^2 g^2} = \sqrt{(1+\mu^2) \frac{v_0^4}{R^2} + \mu^2 g^2}$$

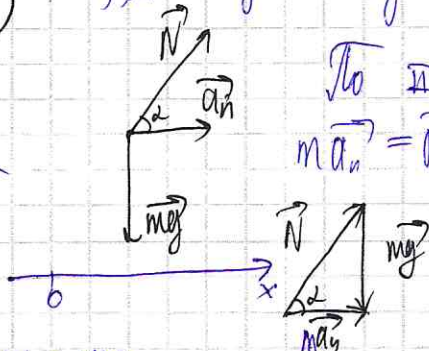


5



$\vec{N}, \vec{a}_n$  и  $m\vec{g}$  в одной плоскости

По II и 3-му  
 $m\vec{a}_n = \vec{N} + m\vec{g}$



$$\cos \alpha = \frac{m a_n}{\sqrt{m^2 g^2 + m^2 a_n^2}} = \frac{a_n}{\sqrt{g^2 + a_n^2}}$$

на OX:  $N \cos \alpha = m a_n$

$$N = \frac{m a_n \sqrt{g^2 + a_n^2}}{a_n} = m \sqrt{g^2 + a_n^2}$$

$$a_n = \frac{v_0^2}{R}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

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

$\vec{F}_{\text{тр}}, \vec{a}_t, \vec{v}_0$  по касательной к окружности

по II 3-му на OY:  $m a_t = F_{\text{тр}}$

$$a_t = \mu \sqrt{g^2 + \frac{v_0^4}{R^2}}$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2} = \sqrt{\frac{v_0^4}{R^2} + \mu^2 g^2 + \mu^2 \frac{v_0^4}{R^2}}$$

$$a = \sqrt{(1 + \mu^2) \frac{v_0^4}{R^2} + \mu^2 g^2}$$

При уменьшении  $v$  с  $v_0$  до  $n v_0$  ( $n = 0, 99$  и т.д.)

$$\langle a \rangle = \mu \sqrt{g^2 + \frac{(1+n) v_0^4}{R^2}}$$

$$v = v_0 - a t$$

$$t = \frac{v_0 - v}{a} = \frac{(1-n) v_0}{a}$$

$$S = \frac{v + v_0}{2} t = \frac{(1+n) v_0}{2} \cdot \frac{(1-n) v_0}{a} = \frac{v_0^2 (1-n^2)}{2} \mu \sqrt{g^2 + \frac{(1+n) v_0^4}{R^2}}$$

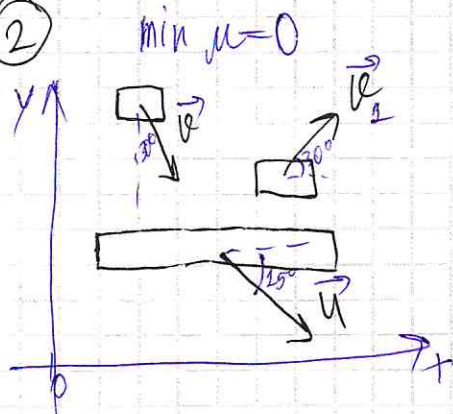
$$S = 9,95 \cdot 10^{-3} v_0^2 \sqrt{g^2 + \frac{0,98 v_0^4}{R^2}}$$

Ответ:  $F_{TP} = \mu m \sqrt{g^2 + \frac{v_0^4}{R^2}}$

$$a = \sqrt{(1+\mu^2) \frac{v_0^4}{R^2} + g^2}$$

$$S = 9,95 \cdot 10^{-3} v_0^2 \sqrt{g^2 + \frac{0,98 v_0^4}{R^2}}$$

2



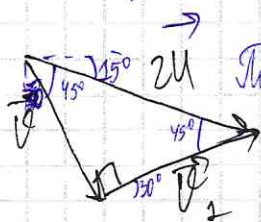
min  $\mu = 0$

При переходе в с.о. земли  $\vec{v}' = \vec{v} - \vec{u}$

После удара  $\vec{u} - \vec{v}$

При переходе в с.о. земли  $\vec{v}_2 = 2\vec{u} - \vec{v}$

$$\vec{v}_2 + \vec{v} = 2\vec{u}$$



По м.Пар.  $2u^2 = 2v^2$

$u = \frac{\sqrt{2}}{2} v$  под углом  $15^\circ$  к горизонтальной

Ответ:  $\mu_{min} = 0$  при  $u = \frac{\sqrt{2}}{2} v$ , направленной под углом  $15^\circ$

$$\Delta v_x = v_4 \cos 30^\circ - v \sin 30^\circ = \frac{v}{2} (\sqrt{3} - 1) \quad \Delta v_y = v (\cos 30^\circ - \cos 30^\circ)$$

минимум  $\Downarrow$  достигается при  $\mu = 0$

на  $ox$   $\Delta p_x = \Delta v_x m = F_{TP} \Delta t = \mu N \Delta t$

на  $oy$   $\Delta p_y = \Delta v_y m = N \Delta t$

$$\mu = m \frac{v (\sqrt{3} - 1)}{2 N \Delta t}$$

$$N = \frac{v_y m}{\Delta t}$$

$$\mu = m \frac{v (\sqrt{3} - 1)}{2 \frac{v_y m}{\Delta t}} = \frac{v (\sqrt{3} - 1)}{2 v_y} = 1$$

ФЭ10-01

Региональный этап  
всероссийской олимпиады школьников  
по физике в 2019 г.

ВТОРОЙ ТУР

Задачи	1	2
Балл	5	12

Фамилия Дроздова

Имя Алёна

Отчество Михайловна

Класс 10

Территория г. Пермь

Полное наименование образовательной организации (по Уставу) \_\_\_\_\_

МАОУ "СОШ №146 с углубленным изучением математики,

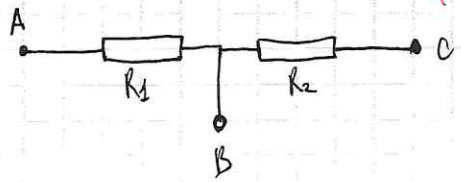
физики, информатики" г.Перми



10 класс

Задачи | 1 | 2 | Шифр Р710-01  
 Баллы | 5 | 12 |

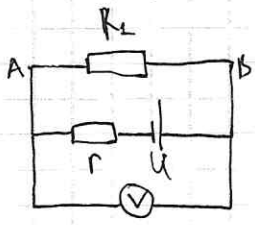
10.1



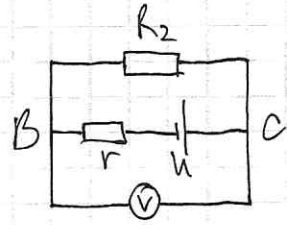
Данное V 2000 м  

1	2	3	4	5	6	7	8
0	1	1	2	0	0	1	0

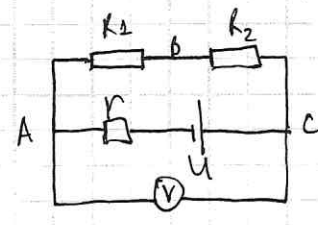
1.  $U_{AB}$  к АВ



2.  $U_{BC}$  к ВС



3.  $U_{AC}$  к AC



$$U_1 = \frac{R_1}{r+R_1} U = \left(1 - \frac{r}{r+R_1}\right) U \quad U_2 = \frac{R_2}{r+R_2} U = \left(1 - \frac{r}{r+R_2}\right) U \quad U_3 = \frac{R_1+R_2}{r+R_1+R_2} U = \left(1 - \frac{r}{r+R_1+R_2}\right) U$$

$$R_1 > R_2 \Rightarrow \frac{r}{r+R_1} < \frac{r}{r+R_2} \Rightarrow U_1 > U_2$$

$$R_1 < R_1+R_2 \Rightarrow \frac{r}{r+R_1} > \frac{r}{r+R_1+R_2} \Rightarrow U_1 < U_3$$

$$U_2 < U_1 < U_3$$

Измерения:

желтый и коричневый :  $U_{жк} = 1292 \text{ мВ}$   
 синий и желтый :  $U_{жс} = 1208 \text{ мВ}$   
 коричневый и синий :  $U_{кс} = 798 \text{ мВ}$

$$U_{кс} < U_{жс} < U_{жк}$$

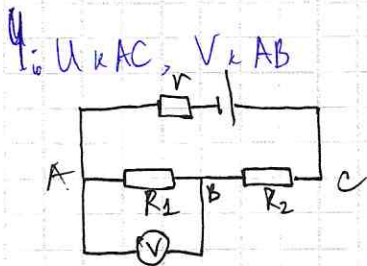
$U_{кс} = U_2$  между В и С }  $\Rightarrow$  В - синий  
 $U_{жс} = U_1$  - А и В }  $\Rightarrow$  А - желтый  
 $U_{жк} = U_3$  - А и С }  $\Rightarrow$  С - коричневый

А - желтый  
 В - синий  
 С - коричневый

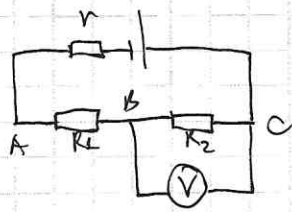
$$U_1 = 1208 \text{ мВ}$$

$$U_2 = 798 \text{ мВ}$$

$$U_3 = 1292 \text{ мВ}$$



5 к AC,  $V_5$  BC



$$U_4 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + r} U$$

$$U_5 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + r} U$$

$$\frac{U_4}{U_5} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$U_4 = (925 \pm 5) \text{ мВ}$$

$$U_5 = (385 \pm 5) \text{ мВ}$$

$$R_2 = R_1 \frac{U_5}{U_4}$$

$$\begin{cases} U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R} U \\ U_2 = \frac{R_2}{R_2 + r} U \\ R_2 = R_1 \frac{U_5}{U_4} \end{cases}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1 (R_2 + r)}{(R_1 + R) R_2}$$

$$U_1 \cdot R_1 \frac{U_5}{U_4} (R_2 + r) = U_2 (R_1 + R) \left( R_1 \frac{U_5}{U_4} + r \right) \quad | \cdot U_4$$

$$U_1 U_5 R_1^2 + U_1 U_5 R_1 r = U_2 U_5 R_1^2 + U_2 U_4 R_1 R \quad | \cdot R_1$$

$$U_5 (U_1 - U_2) R_1 = r (U_2 U_4 - U_1 U_5)$$

$$R_1 = r \frac{U_2 U_4 - U_1 U_5}{U_5 (U_1 - U_2)}$$

$$R_2 = r \frac{U_2 U_4 - U_1 U_5}{U_4 (U_1 - U_2)}$$

Точность измерения вольтметра  $\pm 5 \text{ мВ}$

Вывести погрешности

$$\begin{aligned} U_1 &= (1208 \pm 5) \text{ мВ} & \epsilon_1 &= 0,4\% \\ U_2 &= (798 \pm 5) \text{ мВ} & \epsilon_2 &= 0,6\% \\ U_4 &= (925 \pm 5) \text{ мВ} & \epsilon_4 &= 0,5\% \\ U_5 &= (385 \pm 5) \text{ мВ} & \epsilon_5 &= 1,3\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{U_1 U_4} &= 1,1\% \\ \epsilon_{U_2 U_5} &= 1,7\% \end{aligned}$$

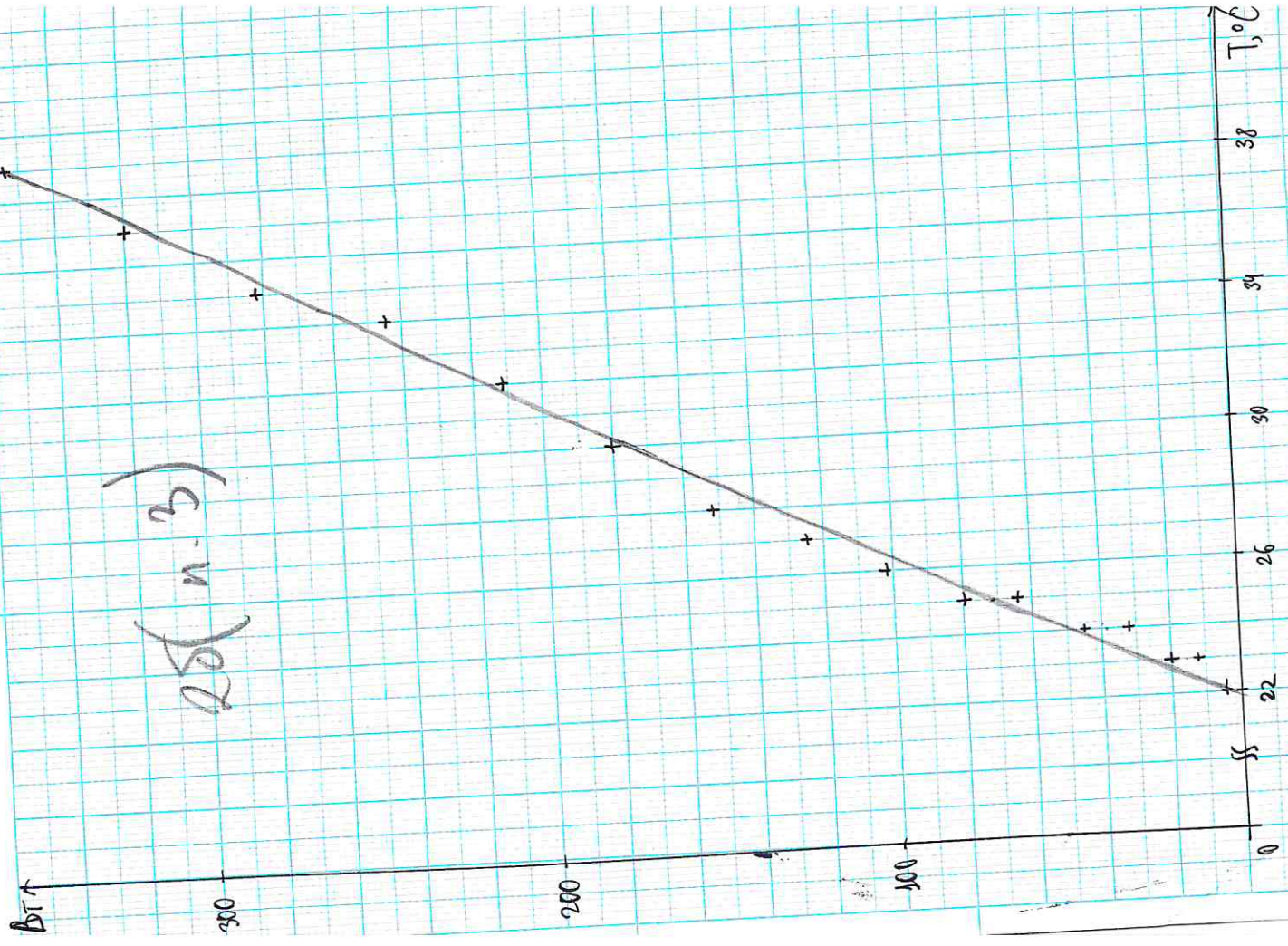
$$\begin{aligned} \Delta U_2 U_4 &= 798 \cdot 925 \cdot 1,1\% \text{ мВ}^2 = 8129,65 \text{ мВ}^2 \\ \Delta U_1 U_5 &= 1208 \cdot 385 \cdot 1,7\% \text{ мВ}^2 = 7906 \text{ мВ}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_2 U_4 &= 738250 \text{ мВ}^2 \\ U_1 U_5 &= 465080 \text{ мВ}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta (U_2 U_4 - U_1 U_5) &= 16026 \text{ мВ}^2 \\ U_2 U_4 - U_1 U_5 &= 273070 \text{ мВ}^2 \end{aligned}$$

$$\epsilon_6 = \frac{\Delta (U_2 U_4 - U_1 U_5)}{U_2 U_4 - U_1 U_5} = 5,8\%$$

25 (n. 3)



$$U_1 - U_2 = (410 \pm 10) \text{ мВ} \quad \epsilon_{U_1 - U_2} = 2,4\%$$

для  $R_2$

$$\epsilon_{U_1(U_1 - U_2)} = 2,9\%$$

$$U_1(U_1 - U_2) = 170200 \text{ мВ}^2$$

$$\epsilon_{R_2} = 5,8 + 2,9\% = 8,7\%$$

$$R_2 = 720 \Omega \quad \Delta R_2 = 62,65 \Omega$$

для  $R_1$

$$\epsilon_{U_2(U_1 - U_2)} = 3,7\%$$

$$U_2(U_1 - U_2) = 157850 \text{ мВ}^2$$

$$\epsilon_{R_1} = 9,5\%$$

$$R_1 = 1729,9\% \Omega \quad \Delta R_1 = 164,4 \Omega$$

Ответ:

$$R_1 = (1730 \pm 165) \Omega \quad \epsilon_{R_1} = 9,5\%$$

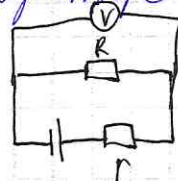
$$R_2 = (720 \pm 63) \Omega \quad \epsilon_{R_2} = 8,7\%$$

A - желтый  
B - синий  
C - коричневый

10-2

Температура устанавливается Т резистора мощность теплопотери  
равна мощности, выделяемой на резисторе

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



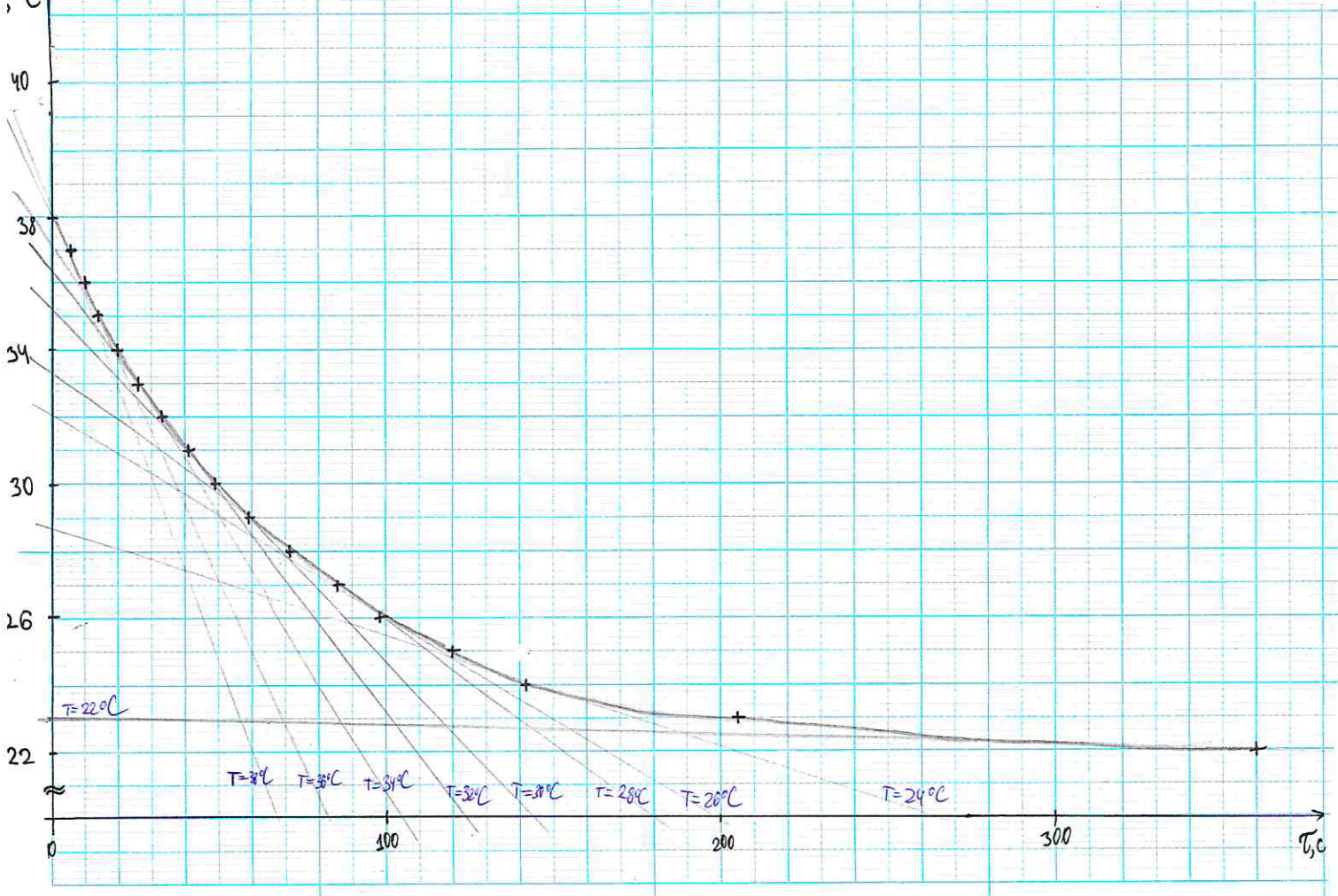
диапазон V 20V

Сильней зависимость T (и)

T, °C	U, В	U <sup>2</sup> , В <sup>2</sup>	$\frac{U^2}{R} = P$ , мВт
22	0,5	0,25	5
23	0,75	0,56	11,2
23	1	1	20
24	1,25	1,57	31,4
24	1,5	2,25	45
25	1,75	3,1	62
25	2	4	80
26	2,25	5,1	102
27	2,5	6,25	125
28	2,75	7,6	152
30	3	9	180
32	3,25	10,6	212
34	3,5	12,25	245
35	3,75	14,1	282
37	4	16	320
39	4,25	17,6	352

Построим график P(T)

28 (п. 2)



Нагрев резистора до 38°C и отключим его от источника.  
Найдём зависимость  $T(\tau)$  при остывании

$T, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{c}$
38	0
37	6
36	10
35	15
34	20
33	25
32	33
31	41
30	49
29	58
28	69
27	85
26	97
25	120
24	152
23	205
22	380
24A	

Построим график  $T(\tau)$   
Проведём касательные к кривой в 9 точках (таблица T)

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \quad Q = c \Delta T$$

$$P = \frac{c \Delta T}{\Delta t}$$

увелич коэффициент касательной

$$k = \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

$$P = ck$$

$$c = \frac{P}{k}$$

25 (н. 5)

28 (н. 6)

Построим график  $P(k)$

$T, ^\circ\text{C}$	$k, 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{c}}$
$T_1 = 22^\circ\text{C}$	$k_1 = \frac{4^\circ\text{C}}{360\text{c}} = 2,7 \cdot 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{c}}$
$T_2 = 24^\circ\text{C}$	$k_2 = \frac{6^\circ\text{C}}{190\text{c}} = \frac{1^\circ\text{C}}{60\text{c}} = 1,67 \cdot 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{c}}$
$T_3 = 26^\circ\text{C}$	$k_3 = \frac{9^\circ\text{C}}{145\text{c}} = 55,2 \cdot 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{c}}$
$T_4 = 28^\circ\text{C}$	$k_4 = \frac{9^\circ\text{C}}{120\text{c}} = 75 \cdot 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{c}}$
$T_5 = 30^\circ\text{C}$	$k_5 = \frac{13^\circ\text{C}}{130\text{c}} = 100 \cdot 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{c}}$
$T_6 = 32^\circ\text{C}$	$k_6 = \frac{13^\circ\text{C}}{100\text{c}} = 130 \cdot 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{c}}$
$T_7 = 34^\circ\text{C}$	$k_7 = \frac{13^\circ\text{C}}{80\text{c}} = 162 \cdot 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{c}}$
$T_8 = 36^\circ\text{C}$	$k_8 = \frac{13^\circ\text{C}}{60\text{c}} = 216 \cdot 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{c}}$
$T_9 = 38^\circ\text{C}$	$k_9 = \frac{16^\circ\text{C}}{60\text{c}} = 266,7 \cdot 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{c}}$

$T, ^\circ\text{C}$	$k, 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{c}}$	$\Delta k, 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{c}}$	$P, \text{нВт}$	$\Delta P, \text{нВт}$
22	2,7	0,4	5	0,25
24	31,8	4,8	40,2	2
26	55,2	8,3	102	5,1
28	75	11,25	152	7,6
30	100	15	280	9
32	130	19,5	212	10,6
34	162	24,3	245	12,25
36	216	32,4	294	14,7
38	286,7	40	334	16,7

Поперечность  $k$  отклоняется, около 15-20%  
Возможны кривые погрешностей учитывать, что  $\epsilon_{\text{к}} = 15\%$   
 $\epsilon_{\text{т}} = 5\%$

Определим по наклону графика  $c$

$$C_{\min} = \left( \frac{\Delta P}{\Delta K} \right)_{\min} = 1 \frac{\text{мВт}}{10^{-3} \frac{\text{°C}}{\text{C}}} = 1 \frac{\text{Джс}}{\text{°C}}$$

15 (н. 7) × 26

$$C_{\max} = \left( \frac{\Delta P}{\Delta K} \right)_{\max} = \frac{330 \text{ мВт}}{220 \cdot 10^{-3} \frac{\text{°C}}{\text{C}}} = 1,5 \frac{\text{Джс}}{\text{°C}}$$

$$C = (1,25 \pm 0,25) \text{ Джс/°C} \quad \epsilon_c = 20\%$$

15 (н. 8)

100

коэф. н. н. 2; 4;

