



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Вариант 9кл.

Место проведения Челябинск
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы горы!
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Поговой Алисы Владимировны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«1» апреля 2023 года

Подпись участника

Черновик

m_1 m_2 m_3 m_4 m_5 $m = 100g = 0,1$
 $t_1 = 8^\circ C$ $t_2 = 34^\circ C$ $t_3 = ?$ $t_4 = ?$ $t_5 = 0^\circ C$
 $m_1 = 0,2$ $m_2 = 0,3$ $m_3 = 0,4$ $m_4 = 0,4$ $m_5 = 0,4$
 $c_B m_3 t_{100} - c_B m_3 t_3 = c_B M t_3$
 $c_B m_3 t_{100} - c_B m_3 t_3 = c_B m_2 (t_{100} - t_1) - c_B M t_1$
 $m_5 \text{ max} = ? M$

$c_B m_1 (t_{100} - t_1) = \lambda m_1 + c_B (m_B + m_1) t_1$
 $c_B m_2 (t_{100} - t_2) = \lambda m_1 + c_B (m_B + m_1) t_2$
 $c_B m_3 (t_{100} - t_3) = \lambda m_1 + c_B (m_B + m_1) t_3$
 $c_B m_1 \Delta t_{92} - c_B (m_B + m_1) t_1 = c_B m_2 \Delta t_{69} - c_B (m_B + m_1) t_2$
 $m_1 \Delta t_{92} - M t_1 = m_2 \Delta t_{69} - M t_2$
 $M(t_2 - t_1) = m_2 \Delta t_{69} - m_1 \Delta t_{92}$
 $M = \frac{m_2 \Delta t_{69} - m_1 \Delta t_{92}}{t_2 - t_1} = \frac{0,2 \cdot 69 - 0,1 \cdot 92}{34 - 8} = \frac{13,8 - 9,2}{26} = \frac{4,6}{26} = \frac{46}{260} = \frac{23}{130} = 0,177$
 $\lambda m_1 = c_B m_1 \Delta t_{92} - c_B M t_1$
 $m_1 = \frac{c_B (m_1 \Delta t_{92} - M t_1)}{\lambda} = \frac{4200 (9,2 - 0,2 \cdot 8)}{3,3 \cdot 10^5} = \frac{4200 \cdot 7,6}{330000} = \frac{42 \cdot 7,6}{33000} = \frac{319,2}{33000} = \frac{97}{10000} = 0,0097$
 $m_1 = 0,097g$
 $m_B = M - m_1 = 200g - 97g = 103g$
 $m_B = 103g$
 $330000 \cdot 0,097 = 32010$
 $c_B m_3 (t_{100} - t_3) = \lambda m_1 + c_B M t_3$
 $c_B m_3 t_{100} - c_B m_3 t_3 = \lambda m_1 + c_B M t_3$
 $c_B m_3 t_{100} - \lambda m_1 = c_B (m_3 t_3 + M t_3) = c_B t_3 (M + m_3)$
 $t_3 = \frac{c_B m_3 t_{100} - \lambda m_1}{c_B (M + m_3)} = \frac{4200 \cdot 0,3 \cdot 100 - 330000 \cdot 0,097}{4200(0,2 + 0,3)} > 0$
 $0,3 \cdot 100 = 30$
 $4200 \cdot 30 \cdot 100 = 12600000$
 $0,097 \cdot 330000 = 32010$
 $12600000 - 32010 = 12567990$
 $m_5 = \frac{\lambda m_1}{c_B t_{100}} = \frac{330000 \cdot 0,097}{420000} = \frac{32010}{420000} = \frac{3201}{42000} = \frac{1000}{14000} = \frac{1}{14} = 0,071g$
 $c_B m_5 t_{100} = \lambda m_1$
 $m_5 = \frac{\lambda m_1}{c_B t_{100}} = \frac{330000 \cdot 0,097}{420000} = \frac{32010}{420000} = \frac{3201}{42000} = \frac{1000}{14000} = \frac{1}{14} = 0,071g$
 $m_5 = 0,071g$
 $m_5 v_0^2 \cos 30^\circ = m u_x + m u_x$
 $m v_0 \cos 30^\circ = 2 m u_x$
 $v_0 \cos 30^\circ = 2 u_x$
 $v_0 \cos 30^\circ = 2 \cdot u \cos 30^\circ$
 $u = \frac{v_0}{2}$ $R_1 = 5$ $R_2 = 4$
 $U_1 = 7,0V$ $U_2 = 5,6V$
 $E = 14V$
 $U_1 + U_2 = U_{AB} + 3U_3 =$

$208 \cdot \frac{15}{141} = \frac{3120}{141} = 22,13$
 $9,2 - 1,6 = 7,6$
 $\frac{4,6}{26} = \frac{46}{260} = \frac{23}{130} = 0,177$
 $\frac{42 \cdot 7,6}{33000} = \frac{319,2}{33000} = 0,0097$
 $200g - 97g = 103g$
 $30 - 9,2 = 20,8$
 $\frac{4200 \cdot 0,3 \cdot 100 - 330000 \cdot 0,097}{4200(0,2 + 0,3)} > 0$
 $12600000 - 32010 = 12567990$
 $\frac{32010}{420000} = \frac{3201}{42000} = \frac{1000}{14000} = \frac{1}{14} = 0,071g$
 $30 - 9,2 + 6,2 = 27$
 $20,8 + 6,2 = 27$
 $27 \cdot 0,5 = 13,5$
 $9,2 - 1,6 = 7,6$
 $\frac{7,6}{100} = 0,076$
 $U_1 + U_2 = U_1$
 $3U_3 = U_2 + U_2$
 $U_1 + U_2 = 3U_3$
 $U_2 =$
 $U_1 + U_2 = 14V$
 $U_2 = U_2 - U_2 = 0$
 $U_3 = \frac{U_1 + U_2}{3}$

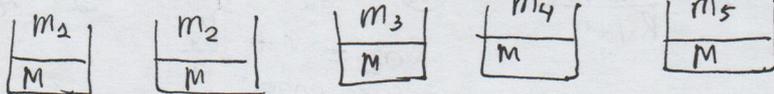
62-14-64-34
(1343)

Задание № 2

Чистовик

В: За 0°C принята температура плавления льда.
За 100°C принята t°-ра кипения воды (превр. в пар)
Исходя из этих данных строится шкала с делениями для измерения температуры (учитываются ⊕ температура > 0°C и ⊖ температура, < 0°C)

Задача:



Дано:
m₁ t₁
m₂ t₂
m₃ t₃
m₄ t₄
m₅ t₅

m - масса кипятка
M - масса воды m_в + масса льда m_л в термосе. каждый
t₁₀₀ = 100°C

1. Запишем уравн. тепл. баланса для 1-4 ситуаций

1) $c_{в} m_1 (t_{100} - t_1) = \lambda m_{л} + c_{в} (m_{в} + m_{л}) t_1$

2) $c_{в} m_2 (t_{100} - t_2) = \lambda m_{л} + c_{в} (m_{в} + m_{л}) t_2$

3) $c_{в} m_3 (t_{100} - t_3) = \lambda m_{л} + c_{в} (m_{в} + m_{л}) t_3$

4) $c_{в} m_4 (t_{100} - t_4) = \lambda m_{л} + c_{в} (m_{в} + m_{л}) t_4$

Из 1) и 2) уравняем найдем M = m_в + m_л

$c_{в} m_1 (t_{100} - t_1) - c_{в} (m_{в} + m_{л}) t_1 = c_{в} m_2 (t_{100} - t_2) - c_{в} (m_{в} + m_{л}) t_2$
 $M = m_{в} + m_{л} = \frac{m_2 \Delta t_{92} - m_1 \Delta t_{92}}{t_2 - t_1} = 0,2 \text{ кг} = 200 \text{ г}$

Из 1) и 3) найдем t₃

$c_{в} m_3 t_{100} - c_{в} m_3 t_3 - c_{в} M t_3 = c_{в} m_1 \Delta t_{92} - c_{в} M t_1$
 $m_3 t_{100} - m_1 \Delta t_{92} + M t_1 = m_3 t_3 + M t_3$
 $t_3 = \frac{m_3 t_{100} - m_1 \Delta t_{92} + M t_1}{m_3 + M} = \frac{0,3 \cdot 100 - 0,1 \cdot 92 + 0,2 \cdot 8}{0,3 + 0,2} = \frac{20,8}{0,5} = 41,6^\circ\text{C}$

Из 1) и 4) найдем t₄

$c_{в} m_4 t_{100} - c_{в} m_4 t_4 - c_{в} M t_4 = c_{в} m_1 \Delta t_{92} - c_{в} M t_1$
 $m_4 t_{100} - m_1 \Delta t_{92} + M t_1 = m_4 t_4 + M t_4$
 $t_4 = \frac{m_4 t_{100} - m_1 \Delta t_{92} + M t_1}{m_4 + M} = \frac{0,4 \cdot 100 - 0,1 \cdot 92 + 0,2 \cdot 8}{0,4 + 0,2} = 54^\circ\text{C}$

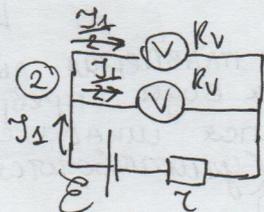
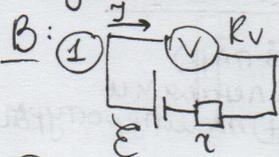
2. Найдем максимальную массу кипятка m₅ в 5 терм.
По условию t₅ = 0°C, т.е. вся энергия идет на плавление льда, при этом после плавления вода не нагревается. Чем больше m₅, тем большая часть льда расплавится => максимальн. значение при: c_в m₅ (t₁₀₀ - 0) = λ m_л

Вместо λ m_л подставим выражение из ур-я 1)
 $c_{в} m_5 t_{100} = c_{в} m_1 (t_{100} - t_1) - c_{в} (m_{в} + m_{л}) t_1$
 $m_5 = \frac{m_1 \Delta t_{92} - M t_1}{t_{100}} = \frac{0,1 \cdot 92 - 0,2 \cdot 8}{100} = \frac{7,6}{100} = 0,076 \text{ кг} = 76 \text{ г}$
 Воды

Ответ: t₃ = 44,8°C
 t₄ = 54°C
 m_{5 MAX} = 76 г кипятка

Задание №4

Чистовик



$$U_{V1} = (11,765 \pm 0,002) \text{ В}$$

$$U_{V2} = (11,538 \pm 0,002) \text{ В}$$

① $U_{V1} = I \cdot R_V = \frac{\mathcal{E} R_V}{R_V + r}$

② $U_{V2} = \frac{I_1}{2} \cdot R_V = \frac{I_1 R_V}{2} = \frac{\mathcal{E}}{r + \frac{R_V}{2}} \cdot \frac{R_V}{2}$

$R_{02} = r + \frac{R_V}{2}$
однако сопр.

$$U_{V2} = \frac{\mathcal{E} R_V}{2r + R_V}$$

из ① и ② $\frac{U_{V1}}{U_{V2}} = \frac{\mathcal{E} R_V}{R_V + r} \cdot \frac{2r + R_V}{\mathcal{E} R_V} = \frac{2r + R_V}{R_V + r}$

$$U_{V1} \cdot R_V + U_{V2} \cdot r = U_{V2} \cdot 2r + U_{V1} \cdot R_V$$

$$(U_{V1} - U_{V2}) R_V = (2U_{V2} - U_{V1}) r$$

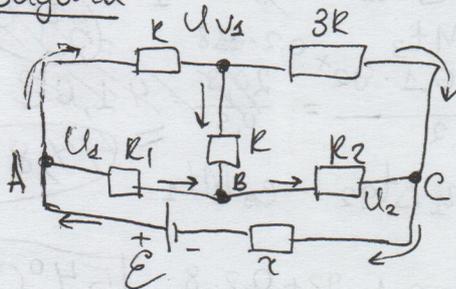
$$\frac{R_V}{r} = \frac{(2U_{V2} - U_{V1})}{U_{V1} - U_{V2}} = \frac{2 \cdot 11,538 - 11,765}{11,765 - 11,538} = \frac{11,311}{0,227} = \frac{11311}{227} \approx 50 \text{ раз}$$

Оценка погрешности результата

$$\Delta A = \frac{2 \cdot 0,002 + 0,002}{0,002 + 0,002} = \frac{3 \cdot 0,002}{2 \cdot 0,002} = 1,5$$

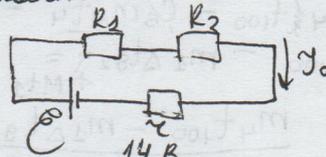
$$\frac{R_V}{r} = 50 \pm 1,5$$

Задача



- $\mathcal{E} = 14 \text{ В}$
- $R_1 = 5 \text{ Ом}$
- $R_2 = 4 \text{ Ом}$
- $r = 1 \text{ Ом}$

1. Учитывая что \odot почти идеальные можно привести эквивалентную схему:



Тогда общий ток $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{r + R_1 + R_2} = \frac{14 \text{ В}}{(1 + 5 + 4) \text{ Ом}} = 1,4 \text{ А}$

Тогда напряжения на участках АВ и ВС:

$$U_1 = U_{AB} \approx I_0 \cdot R_1 = 1,4 \cdot 5 = 7 \text{ В}$$

$$U_2 = U_{BC} \approx I_0 \cdot R_2 = 1,4 \cdot 4 = 5,6 \text{ В}$$

U_{Vi} - напряжение i вольтметра
показание

$U_{V3} = U_{V4} = U_{V5}$ (т.к. \odot одинаковые, ток через них один.)

$$U_1 = U_{V1} + U_{V2} \quad (\text{для узлов А-В})$$

$$U_2 = 3 U_{V3} - U_{V2} \quad (\text{для узлов В-С})$$

$$U_1 + U_2 = U_{V1} + 3 U_{V3} \quad (\text{для узлов А-С})$$

$$U_{V1} + U_{V2} + 3 U_{V3} - U_{V2} = U_{V1} + 3 U_{V3}$$

$$U_{V1} = U_1 - U_{V2}$$

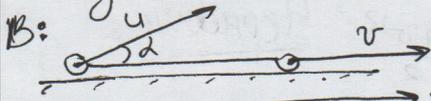
$$U_2 + U_{V2} = U_1 + U_2 - U_{V1}$$

продолжение на листе - 4 -

62-14-64-34
(134.3)

Задача №1

Чистовик

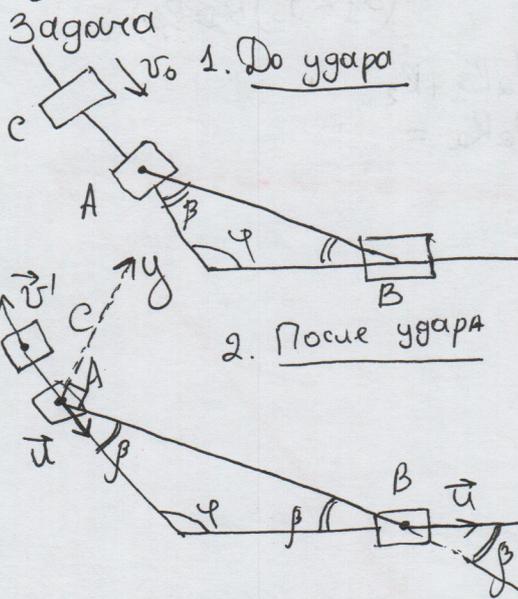


$v = 1,2 \frac{m}{c}$ $\alpha = 60^\circ$
 $u = ?$

Поскольку стержень жесткий $u_x = v_x$ (кин. связь)

$u \cos \alpha = v \Rightarrow u = \frac{v}{\cos \alpha} = \frac{1,2}{\cos 60^\circ} = \frac{1,2}{\sin 30^\circ} = \frac{1,2}{1/2} = 2,4 \frac{m}{c}$

$u = 2,4 \frac{m}{c}$ (+)



$\varphi = 120^\circ$
 $\beta = \frac{180^\circ - \varphi}{2} = 30^\circ$
 $v_0 = 1,5 \frac{m}{c}$

Z

по модулю

A и B имеют одинаковые скорости u после удара (т.к. $v_{Ax} = v_{Bx} = u \cos \beta$)

Z

ЗСЭ для системы муфт A, B, C ($\sum \vec{F}_{внеш.} = 0$): $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m u^2}{2} + \frac{m u^2}{2} + \frac{m v'^2}{2}$ (1)

~~ЗСИ: ОХ: $\Delta p_x = 0$ при ударе для муфт A и C~~
 ~~$m v_0 \sin \alpha = m u \sin \alpha$~~

Z

ЗСИ для системы муфт A, B, C ($\sum \vec{F}_{внеш.} = 0 \Rightarrow \vec{p} = const$)

$m v_0 \cos \alpha = m u \cos \alpha + m u \cos \alpha + m v' \cos \beta$
 $v_0 \cos \beta = 2u \cos \beta - v' \cos \beta$
 $v_0 = 2u - v'$ (2)

Z

$v' = 2u - v_0$

Заменим v' в (1) уравнении
 $v_0^2 = 2u^2 + (2u - v_0)^2$
 $v_0^2 = 2u^2 + 4u^2 + v_0^2 - 4v_0 u$
 $4v_0 u = 6u^2$
 $4v_0 = 6u$

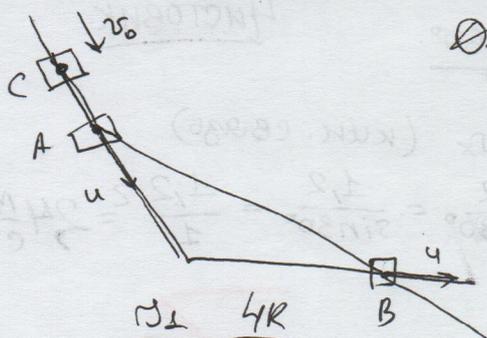
Z

$u = \frac{4}{6} v_0 = \frac{2}{3} v_0$

— скорость муфты A, направл. под углом 30° к оси OX по рис.

Z

Z



~~0.2.11.18?~~

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \quad \text{Черновик}$$

~~4Y_1R~~

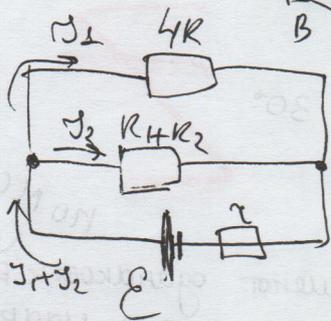
$$4Y_1R = Y_2(R_1 + R_2)$$

~~4Y_1R~~

$$\mathcal{E} = Y_2R + Y_2R_2 + (Y_1 + Y_2)(R_1 + R_2)$$

$$4Y_1R = Y_2R_1 + R_2$$

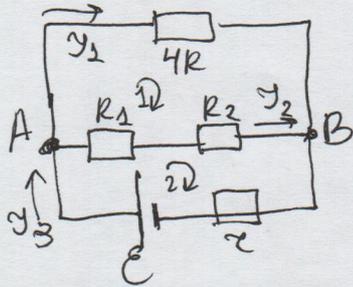
$$Y_2R + Y_2R_2 =$$



Задание №4 (продолжение)

Чистовик

ЭКВИВАЛЕНТ. СХЕМА:



\odot_2 - почти идеальный

$y_1 + y_2 = y_3$ (Зпр. Кирхгофа)

AB: 1) $4y_1 R = y_2(R_1 + R_2)$ y_3
 2) $\mathcal{E} = y_2(R_1 + R_2) + (y_2 + y_1)r$

3) $\mathcal{E} = 4y_1 R + (y_1 + y_2)r$

~~$y_2(R_1 + R_2) + (y_2 + y_1)r = 4y_1 R + y_1 + y_2$~~

1) $4y_1 R = y_2(R_1 + R_2)$

2) $\mathcal{E} = y_2(R_1 + r) + y_2 R_2 + y_1 r = y_2(R_1 + r + R_2) + y_1 r$

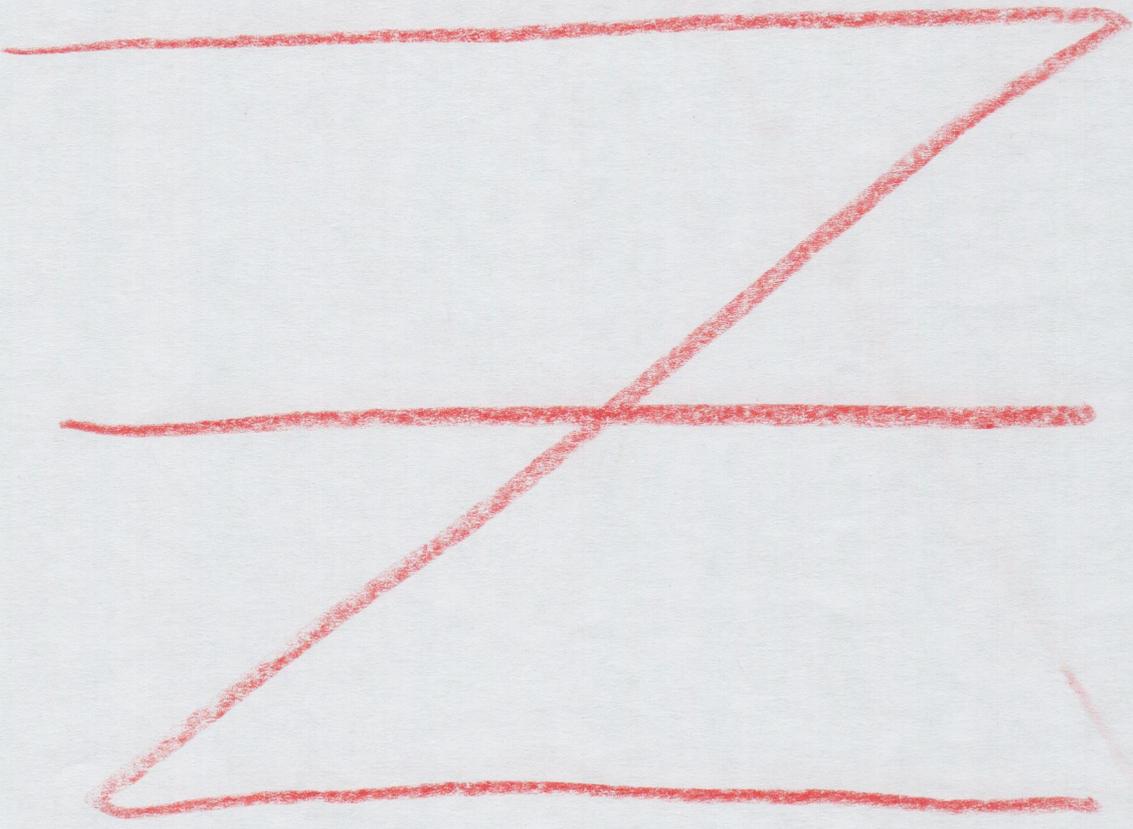
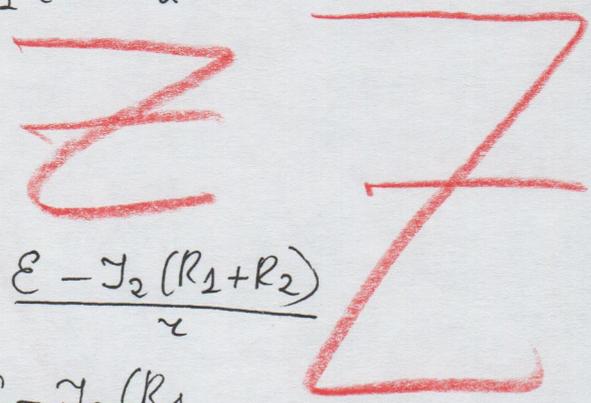
3) $\mathcal{E} = 4y_1 R + y_1 r + y_2 r$

$y_1 = \frac{y_2(R_1 + R_2)}{4R}$

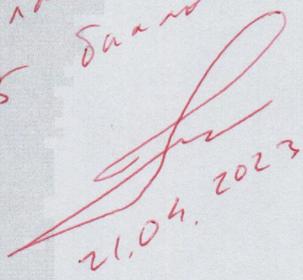
$y_3 = \frac{\mathcal{E} - y_2(R_1 + R_2)}{r}$

$\left[y_2 + \frac{y_2(R_1 + R_2)}{4R} = \frac{\mathcal{E} - y_2(R_1 + R_2)}{r} \right]$

~~$r = \frac{y_2(R_1 + R_2)}{4R} = \mathcal{E} - y_2(R_1 + R_2)$~~



Решение апел. комиссии:
повысить оценку на
3 балла (новый ответ)
65 баллов


21.04.2023

Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников
"Покори Воробьевы горы!"
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему
ученицу 9 класса
Муниципального автономного
образовательного учреждения
Гимназии №9 г. Екатеринбурга
Поповой Алисы Владимировны

Апелляция

Прошу пересмотреть представленные технические баллы
по задаче №4 (баллы 8) за мою работу заключительного
этапа по физике (9 класс, общий балл 62), поскольку
считаю, что в соответствии с критериями приведено
обоснование того, что токами через вольтметра можно
пренебречь (3 балла по критериям), правильно записаны
два независимых условия баланса напряжений
(приведена система: 1) $U_1 = U_{V1} + U_{V2}$ 2) $U_2 = 3U_{V3} - U_{V2}$)
(4 балла), верно определены значения $U_1 = U_{AB}$, $U_2 = U_{BC}$
(4 балла). В связи с этим полагаю, что моя работа
по данным пунктам может быть оценена 11 баллами.
(3+4+4)

С уважением, Попова А.В.
20 апреля 2023г.
