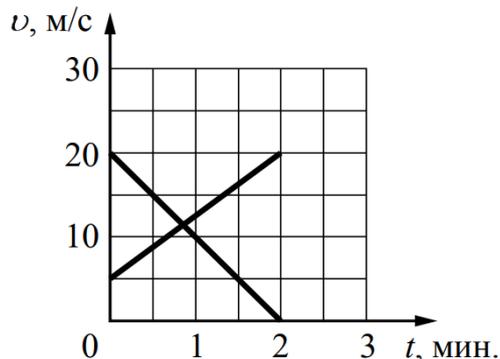


**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ 2024-2025
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ
9 КЛАСС**

Условия, возможные решения, критерии оценки

1.«Встречи на шоссе 9» (10 баллов) Два автомобиля двигались по прямолинейному участку шоссе параллельными курсами в одном направлении. В некоторый момент времени они встретились (поравнялись) друг с другом. На рисунке 1 показано, как менялись скорости автомобилей в течение двух минут после этой встречи.



- 1) Найдите расстояние между автомобилями в тот момент, когда один из них остановился.
- 2) Через какое время после начала наблюдения они снова встретятся друг с другом?

Рисунок 1

1.«Встречи на шоссе 9» (10 баллов) **Возможное решение 1.** Возьмем за начало системы координат точку, где встретились автомобили, направив ось X в направлении скоростей. По графику определим начальные скорости и ускорения в проекции на выбранную ось:

$$v_{0x1} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}, a_{x1} = \frac{0 - 20}{120} = -\frac{1}{6} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right), \quad (1)$$

$$v_{0x2} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}, a_{x2} = \frac{20 - 5}{150} = \frac{15}{120} = \frac{1}{8} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right). \quad (2)$$

Запишем уравнения для координат каждого из автомобилей с учетом (1) и (2):

$$x_1 = v_{0x1}t + \frac{a_{x1}t^2}{2} = 20t - \frac{t^2}{12}; \quad (3)$$

$$x_2 = v_{0x2}t + \frac{a_{x2}t^2}{2} = 5t + \frac{t^2}{16}. \quad (4)$$

Из графика видно, что скорость первого автомобиля стала равной нулю в момент $t = 2 \text{ мин} = 120 \text{ с}$. (5)

Этот же результат можно получить аналитически из кинематического уравнения для скорости первого автомобиля.

Подставляя $t = 120 \text{ с}$ в уравнения для координат, получим

$$x_1 = 1200 \text{ м}; \quad x_2 = 1500 \text{ м}.$$

Расстояние между автомобилями

$$l = x_2 - x_1 \\ l = 300 \text{ м}.$$

2. Условие встречи – равенство координат автомобилей:

$$x_1 = x_2 \quad (6)$$

Приравнивая (3) и (4) и решая полученное уравнение, найдем время встречи

$$20t - \frac{t^2}{12} = 5t + \frac{t^2}{16} \\ 15 = \frac{t}{12} + \frac{t}{16} \\ t = \frac{720}{7} \approx 103 \text{ с}.$$

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение **первой части** задачи (определение расстояния между автомобилями в момент остановки одного из них) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – выражения для координат (3), (4) или эквивалентные им) записаны или использованы верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получены верные числовые ответы с наименованием единиц измерения – **5 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или они не доведены до конца – **4 балла**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но информация из графика неверно интерпретирована и использована, либо не использована – **3 балла**;

- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;

- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение **второй части задачи** (определение времени новой встречи автомобиля) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны и использованы верно (выражения для координат (3), (4), условие встречи (6) или эквивалентные им), правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения для каждой скорости – **5 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из каждого графика, произведены необходимые вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях – **4 балла**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но информация из графика неверно интерпретирована и использована, либо не использована – **3 балла**;

- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;

- нет попыток решения – **0 баллов**.

2.«Магнитная доска 9» (10 баллов) Магнит, лежащий поверх магнитно-маркерной доски, расположенной горизонтально, притягиваясь, давит на нее силой $F_1 = 12$ Н (положение 1 на рисунке 2). Доску перевернули так, что магнит оказался внизу (положение 2), а сила давления стала равной $F_2 = 8$ Н. Если доску поставить вертикально (положение 3), то магнит начнет скользить по ней вниз с ускорением $a = 2$ м/с². Найдите коэффициент трения μ между поверхностью доски и магнитом.

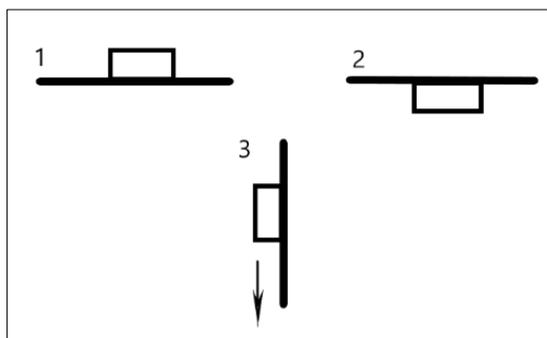
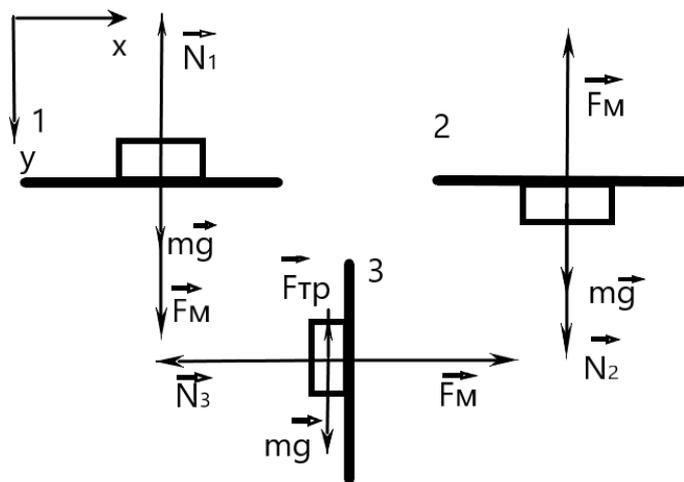


Рисунок 2

Ускорение свободного падения считать равным $g = 10$ м/с².

2.«Магнитная доска 9» (10 баллов) **Возможное решение**



Магнит в положениях 1 и 2 покоится, следовательно, сумма сил тяжести $m\vec{g}$, реакции опоры \vec{N} и магнитного притяжения \vec{F}_M равна 0. В проекции на ось y:

$$mg - N_1 + F_M = 0, \quad (1)$$

$$mg + N_2 - F_M = 0. \quad (2)$$

Отсюда

$$F_M = \frac{N_1 + N_2}{2}, \quad (3)$$

$$m = \frac{N_1 - N_2}{2g}. \quad (4)$$

По третьему закону Ньютона силы с которыми магнит давит на доску равны силам реакции опоры:

$$F_1 = N_1, F_2 = N_2, \quad (5)$$

поэтому

$$F_M = \frac{F_1 + F_2}{2}, \quad (6)$$

$$m = \frac{F_1 - F_2}{2g}. \quad (7)$$

Для положения 3 запишем второй закон Ньютона в проекции на оси x и y

$$F_M - N_3 = 0, \quad (8)$$

$$mg - F_{\text{тр}} = ma. \quad (9)$$

Для силы трения скольжения

$$F_{\text{тр}} = \mu N_3. \quad (10)$$

С учетом (7)

$$mg - \mu F_M = ma. \quad (11)$$

Выражая μ из (10) и подставляя (5) и (6), получаем

$$\mu = \frac{(F_1 - F_2)(g - a)}{(F_1 + F_2)g}. \quad (12)$$

Вычисления:

$$\mu = \frac{(12 - 8)(10 - 2)}{(12 + 8) \cdot 10} = 0,16.$$

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

При этом можно использовать следующую шкалу.

- Полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (условия равновесия(1) и (2) для положений 1 и 2, уравнения движения (8) и (9) для случая 3, третий закон Ньютона (5), выражение для силы трения скольжения (10) или эквивалентные

- им)записаны или учтены другим способом верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения – **10 баллов**;
- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях (либо ответ получен в общем виде, вычисления не произведены) – **9 баллов**;
 - Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу – **8 баллов**;
 - Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но имеется более одной ошибки в математических преобразованиях, приводящих к ответу – **7 баллов**;
 - Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но преобразования не завершены – **6 баллов**;
 - Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, но попытки провести преобразования и получить ответ отсутствуют – **5 баллов**;
 - есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется одна физическая ошибка, поэтому из них невозможно найти правильное решение – **4 балла**;
 - есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется более одной ошибки – **3 балла**;
 - имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения – **1–2 балла**;
 - нет попыток решения – **0 баллов**.

3. «Импульсная сварка 9» (10 баллов) Импульсная сварка представляет собой разновидность дуговой сварки, когда на основной (базовый) сварочный ток накладываются дополнительные импульсы тока (см. рисунок 3). На сварочный электрод подается ток в импульсном режиме. Длительность импульса и длительность промежутка времени после него, когда идет базовый ток, одинаковы и равны $t_1 = t_0 = 0,05\text{с}$. Сила тока во время импульса $I_1 = 100\text{ А}$, базовый ток $I_0 = 10\text{ А}$. Электрод представляет собой отрезок стальной проволоки с площадью поперечного сечения $0,8\text{мм}^2$.

На сколько градусов нагреется электрод при пропускании тока в таком режиме в течение $t = 10\text{ с}$? Теплопотерями и зависимостью сопротивления от температуры можно пренебречь.

Для стали, из которой изготовлен электрод, плотность материала $\rho_M = 7900\text{ кг/м}^3$ удельная теплоемкость $c = 520\text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)}$, удельное сопротивление $\rho = 1,4 \cdot 10^{-7}\text{ Ом/м}$.

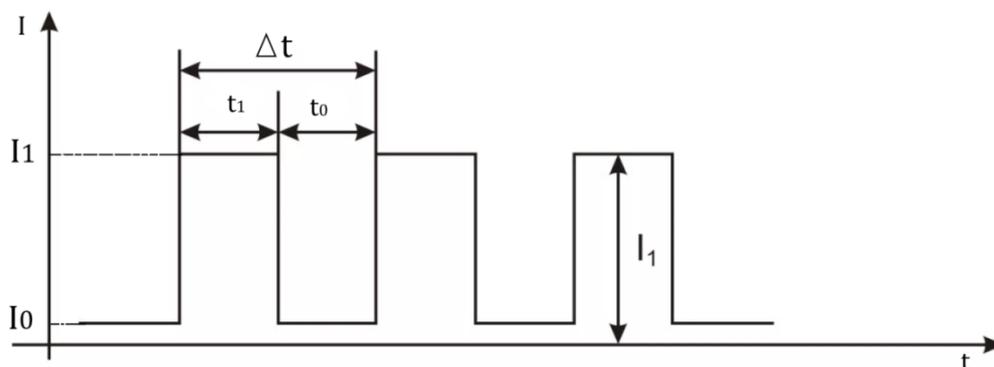


Рисунок 3

3. «Импульсная сварка 9» (10 баллов) **Возможное решение.**

По закону Джоуля-Ленца за время протекания тока силой I_1 , в течение промежутка времени t_1 , выделяется количество теплоты

$$Q_1 = I_1^2 R t_1, \quad (1)$$

за время t_0 , когда идет ток I_0 $Q_0 = I_0^2 R t_0. \quad (2)$

Таким образом, за время $\Delta t = t_1 + t_0$ (сумма длительностей импульса и базы) выделится тепло

$$Q_1 + Q_0 = (I_0^2 t_0 + I_1^2 t_1) R.$$

Время $\Delta t = t_1 + t_0 = 0,1$ с представляет собой период импульса, зная его можно найти число импульсов за $t = 10$ с.

$$N = \frac{t}{\Delta t} = 100. \quad (3)$$

Тогда за все время $t = 10$ с выделится количество теплоты

$$Q = (I_0^2 t_0 + I_1^2 t_1) RN. \quad (4)$$

По условию теплотерями можно пренебречь, поэтому все тепло пойдет на нагревание электрода:

$$Q = cm\Delta T. \quad (5)$$

Приравнявая (4) и (5), запишем

$$(I_0^2 t_0 + I_1^2 t_1) RN = cm\Delta T. \quad (6)$$

Сопротивление электрода

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (7)$$

масса

$$m = \rho_m V = \rho_m l S. \quad (8)$$

Подставляя (7) и (8) в (6):

$$(I_1^2 t_1 + I_0^2 t_0) \rho \frac{l}{S} N = c \rho_m l S \Delta T, \quad (8)$$

откуда с учетом, что $t_1 = t_0$

$$\Delta T = \frac{(I_1^2 t_1 + I_0^2 t_0) \rho N}{c \rho_m S^2} = \frac{(I_1^2 + I_0^2) t_0 \rho N}{c \rho_m S^2} \quad (9)$$

Вычисления:

$$\Delta T = \frac{(10000 + 100) \cdot 1,4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,05 \cdot 100}{520 \cdot 7900 (0,8 \cdot 10^{-6})^2} \approx 2690 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (закон Джоуля-Ленца (1), (2), периодичность процесса (3), выражение для количества теплоты при нагревании (5), уравнение теплового баланса (6), формулы для сопротивления (7) и массы (8) или эквивалентные им), записаны или учтены другим способом верно, правильно интерпретирована и использована информация из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения – **10 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, правильно интерпретирована и использована информация из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях (либо ответ получен в общем виде, вычисления не произведены) – **9 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу – **8 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но имеется более одной ошибки в математических преобразованиях, приводящих к ответу – **7 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но преобразования не завершены – **6 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, но попытки провести преобразования и получить ответ отсутствуют – **5 баллов**;
- есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется одна физическая ошибка, поэтому из них невозможно найти правильное решение – **4 балла**;
- есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется более одной ошибки – **3 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения – **1–2 балла**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

4. «Тепловое равновесие 9» (10 баллов) В теплоизолированном сосуде находятся равные по массе $m_1 = m_2 = m$ количества воды и льда при температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$. Какая температура установится в сосуде, если через него пропустить водяной пар при температуре $t_2 = 100^\circ\text{C}$ массой m_3 ? Рассмотреть два случая:

1) $m_3 = 0,2m$;

2) $m_3 = m$.

Удельная теплоемкость воды $c = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$, удельная теплота парообразования $r = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$.

4. «Тепловое равновесие 9» (10 баллов) Возможное решение

1. При добавлении пара будут происходить следующие процессы:

- плавление льда $Q_1 = \lambda m$; (1)

- нагревание воды, образовавшейся при плавлении льда $Q_2 = cm(t - t_1)$; (2)

- нагревание исходной воды $Q_3 = cm(t - t_1)$. (3)

На них идет тепло, полученное при конденсации пара и остывании сконденсировавшейся воды:

$$Q_4 = -rm_3; \quad (4)$$

$$Q_5 = cm_3(t - t_2). \quad (5)$$

Уравнение теплового баланса

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = |Q_4| + |Q_5| \quad (6)$$

Подставляя в (6) выражения (1)-(5):

$$\lambda m + 2cm(t - t_1) = rm_3 + cm_3(t_2 - t).$$

Отсюда

$$t = \frac{rm_3 - \lambda m + 2cmt_1 + cm_3t_2}{(2m + m_3)c}$$

Проведем расчет для $m_3 = 0,2m$

$$t = \frac{0,2r - \lambda + 2ct_1 + 0,2ct_2}{2,2c}$$

$$t = \frac{0,2 \cdot 2,3 \cdot 10^6 - 3,3 \cdot 10^5 + 0 + 0,2 \cdot 4200 \cdot 100}{2,2 \cdot 4200} \approx 23 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

2. Для второго случая $m_3 = m$

$$t = \frac{r - \lambda + ct_2}{3c} \approx 190 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Такой результат говорит о том, что при конденсации всего пара массой m выделяется количество теплоты, больше, чем необходимо для плавления льда и нагревания исходной и полученной из льда воды до 100°C . Следовательно, не весь пар сконденсируется. В сосуде будут пар и вода в состоянии равновесия при температуре $t = 100^\circ\text{C}$.

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение **первой части** задачи (когда масса пара $m_3 = 0,2m$) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – выражения для количеств теплоты (1)-(5), уравнение теплового баланса (6) или эквивалентные им) записаны или использованы верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получены верные числовые ответы с наименованием единиц измерения – **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или они не доведены до конца – **4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеются ошибки в математических преобразованиях или они не доведены до конца – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение **второй части задачи** (когда масса пара $m_3 = m$) **максимальная оценка составляет 5 баллов**.

При этом можно использовать следующую шкалу

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – выражения для количеств теплоты (1)-(5), уравнение теплового баланса (6) или эквивалентные им) записаны или использованы верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен и верно истолкован числовой ответ, сделан вывод наличия в конечном состоянии в сосуде воды и пара при температуре 100°C – **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или они не доведены до конца, при правильном выводе о конечной температуре – **4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеются ошибки в математических преобразованиях или они не доведены до конца – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но имеются физические ошибки в записанных соотношениях или в выводе о конечной температуре – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

5. «Идеальная цепь 9» (10 баллов) Идеальный источник в цепи, изображенной на рисунке 4, создает напряжение $U = 12$ В. Идеальный амперметр показывает силу тока $I_A = 1$ А. Все резисторы в цепи одинаковые. Найдите:

- 1) сопротивление каждого резистора;
- 2) показание идеального вольтметра.

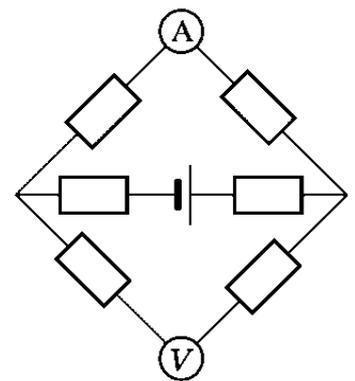


Рисунок 4

5. «Идеальная цепь 9» (10 баллов) **Возможное решение**

1. Поскольку вольтметр идеальный, то он имеет бесконечно-большое сопротивление и ток через участок, где подключен вольтметр, не идет. Эквивалентная схема:

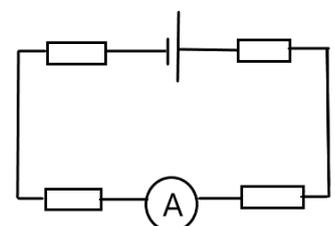
Найдем общее сопротивление:

$$R_{\text{общ}} = R + R + R + R = 4R. \quad (1)$$

Показание амперметра:

$$I_A = \frac{U}{4R}. \quad (2)$$

Отсюда



$$R = \frac{U}{4I_A}$$

Расчет:

$$R = \frac{12}{4} = 3 \text{ (Ом)}.$$

2. Вольтметр подключён параллельно к участку с двумя последовательно соединёнными резисторами, через которые идет ток I_A . Его показание

$$U_B = I_A \cdot 2R. \quad (3)$$

$$U_B = 1 \cdot 2 \cdot 3 = 6 \text{ (В)}.$$

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение **первой части** задачи (определение сопротивления резистора) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: учтено, что ток не идет через участок с идеальным вольтметром, записаны соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – для общего сопротивления (1) и закон Ома (2)) произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения – **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или они не доведены до конца – **4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеются ошибки в математических преобразованиях или они не доведены до конца – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) - **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

1. За решение **второй части** задачи (определение показания вольтметра) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: учтено, что вольтметр показывает напряжение на участке с двумя последовательно соединёнными резисторами, через которые идет ток I_A , записаны соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – закон Ома для участка цепи (3)), произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения – **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или они не доведены до конца – **4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеются ошибки в математических преобразованиях или они не доведены до конца – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) - **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.