

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2025 – 2026 учебный год

11 класс

Возможное (авторское) решение

1. В ходе эксперимента изучали источник постоянного тока (батарею элементов). Для проведения эксперимента к клеммам источника тока подключили реостат достаточной мощности, параллельно реостату подключили вольтметр. В цепь также включили амперметр. В процессе опыта изменяли сопротивление реостата и фиксировали показания измерительных приборов. Результаты измерений были сведены в таблицу:

I, A	3	4,5	5	6,5	7,5	8,5	9,5	10	10,9	11,2	12	13,5
U, В	10,2	9,3	9	8,1	7,5	6,9	6,3	6	5,46	5,28	4,8	3,9

Характеристики измерительных приборов близки к идеальным.

Цель эксперимента – выяснить, **какую максимальную мощность может создать источник?**
При каком сопротивлении внешней части цепи мощность будет максимальной?

Решение.

Рассчитаем эдс и внутреннее сопротивление исследуемого источника тока. Для вычислений воспользуемся законом Ома для полной цепи.

$\mathcal{E} = U_1 + I_1 r$; $\mathcal{E} = U_2 + I_2 r$; тогда $r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$. Выберем из таблицы произвольно две пары значений измеренных величин. После вычислений получаем: $r = 0,6 \text{ Ом}$; $\mathcal{E} = 12 \text{ В}$.

Мощность в цепи определяется по формуле: $P = IU$; $U = \mathcal{E} - Ir$; тогда: $P = I(\mathcal{E} - Ir)$ или $P = \mathcal{E}I - Ir^2$.

Графиком полученной функции (зависимость мощности от силы тока) является парабола, ветви которой направлены вниз. Определим корни уравнения: $I(\mathcal{E} - Ir) = 0$; при $I = 0$; и $I = \frac{\mathcal{E}}{r}$.

Второе значение представляет собой ток короткого замыкания: $I_{\text{кз}} = \frac{\mathcal{E}}{r} = 20 \text{ А}$;

Мощность будет максимальной в вершине параболы. Определим значение силы тока в вершине параболы. Для этого возьмём производную уравнения $\mathcal{E}I - Ir^2$ и приравняем к нулю.

$(\mathcal{E}I - Ir^2)' = \mathcal{E} - 2Ir = 0$. $I_{\text{в}} = \frac{\mathcal{E}}{2r} = \frac{I_{\text{кз}}}{2} = 10 \text{ А}$; Рассчитаем максимальную мощность:

$P_{\text{max}} = \mathcal{E} \frac{\mathcal{E}}{2r} - \frac{\mathcal{E}^2}{4r^2} r$ $P_{\text{max}} = \frac{\mathcal{E}^2}{4r} = 60 \text{ Вт}$; Сопротивление реостата при максимальной мощности: $R = \frac{U}{I_{\text{в}}} = 0,6 \text{ Ом}$.

Ответ: $P_{\text{max}} = 60 \text{ Вт}$; $R = 0,6 \text{ Ом}$

Примерные критерии оценивания.

Рассчитаны эдс и внутреннее сопротивление источника – **2 балла**.

Определена правильно максимальная мощность – **5 баллов**.

Рассчитано сопротивление нагрузки при максимальной мощности – **3 балла**.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2025 – 2026 учебный год

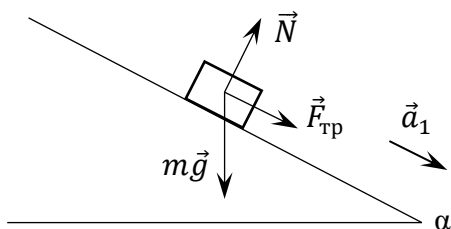
11 класс

Возможное (авторское) решение

2. Небольшой деревянный брусок резко толкнули вверх по наклонной плоскости образующей угол α с горизонтом. Время подъёма бруска до высшей точки оказалось в два раза меньше, чем время спуска до исходной точки. **Определите коэффициент трения μ между бруском и поверхностью.**

Решение.

Выберем направление оси координат вдоль наклонной плоскости вниз. При движении на брусок действуют три силы – сила тяжести, сила нормальной реакции опоры и сила трения.



При движении вверх сила трения направлена вдоль направления оси координат, а при движении вниз противоположно этому направлению. Запишем уравнения II закона Ньютона для проекций сил и ускорений на ось координат.

При движении вверх: $mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = ma_1$;

При движении вниз: $mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_2$;

При подъёме и при спуске тело совершило одинаковое перемещение s . Тогда время подъёма t_1 и

время спуска t_2 определяются уравнениями: $S = \frac{a_1 t_1^2}{2}$; $S = \frac{a_2 t_2^2}{2}$.

По условию задачи $2t_1 = t_2$, следовательно, $4a_2 = a_1$.

Таким образом: $g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = 4(g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha)$.

Решив уравнение относительно неизвестной величины получаем: $\mu = 0,6 \operatorname{tg} \alpha$

Ответ: $\mu = 0,6 \operatorname{tg} \alpha$

Примерные критерии оценивания

Выполнен анализ движения, выбрано направление координатной оси – **2 балла**.

Записаны уравнения II закона Ньютона для проекций векторов – **2 балла**.

Определены перемещения и соотношение между ускорениями тела – **3 балла**.

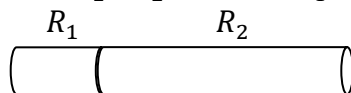
Правильно рассчитан коэффициент трения – **3 балла**

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2025 – 2026 учебный год

11 класс

Возможное (авторское) решение

3. Два медных проводника имеют форму прямых цилиндров одинакового диаметра, но различной длины. Сопротивления проводников соответственно равны R_1 и R_2 . Проводники нагревают до разной температуры соответственно t_1 и t_2 , а затем торцами соединяют между собой (см. рисунок).



Определите сопротивление составного проводника после того, как температуры его частей выравниваются.

Решение.

Сопротивление проводника при некоторой температуре t равно: $R = R_0(1 + \alpha(t - t_0))$, где α – температурный коэффициент сопротивления, R_0 – сопротивление проводника при $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Пусть $t_1 > t_2$ (или наоборот, это не влияет на решение задачи).

Введём коэффициент $k = \frac{L_2}{L_1}$. Тогда при одной и той же температуре сопротивление $R_2 = kR_1$, так как сопротивление проводника пропорционально его длине. Так как теплоёмкость тела $C = cm$ также пропорциональна длине проводника, то $\frac{C_2}{C_1} = k$.

Рассмотрим нагревание второго проводника на некоторую произвольную температуру Δt_2 . Тогда его сопротивление увеличится на $\Delta R_2 = kR_0\Delta t_2$. Рассмотрим изменение сопротивления первого проводника $\Delta R_1 = R_0\Delta t_1$. Учитывая, что теплоёмкость второго проводника в k раз больше, чем первого, получим связь между изменением температуры первого проводника и второго проводника $\Delta t_1 = k\Delta t_2$, из чего следует $\Delta R_1 = kR_0\Delta t_2$, а значит $\Delta R_2 = \Delta R_1$. Полученный результат означает, что вне зависимости от начальных температур увеличение сопротивления одного проводника будет компенсироваться уменьшением сопротивления другого проводника и сопротивление составного проводника будет $R = R_1 + R_2$.

Ответ: $R = R_1 + R_2$

Примерные критерии оценивания

Правильно выбрана формула расчёта сопротивления от температуры – **1 балл**.

Введён коэффициент k – **2 балла**.

Получена связь коэффициента с теплоёмкостью проводников – **2 балла**.

Правильно выполнен анализ изменения сопротивления проводников – **3 балла**.

Получен правильный ответ – **2 балла**.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2025 – 2026 учебный год

11 класс

Возможное (авторское) решение

4. Из кирпича обладающего малой теплопроводностью изготовили длинную цилиндрическую трубу, которую расположили вертикально. Трубу заполнили чугуном. Нижний конец трубы поддерживается при температуре T_1 которая выше температуры плавления чугуна $T_{пл}$, а верхний конец трубы при температуре T_2 которая ниже температуры плавления чугуна. Теплопроводность у расплавленного (жидкого) чугуна в k раз больше, чем у твёрдого. **Определите, какая часть трубы занята расплавленным металлом?**

Решение.

Поскольку нижний конец трубы поддерживается при температуре большей температуры плавления, чугун внизу будет расплавлен. Температура границы между расплавленным и твёрдым чугуном, естественно, равна температуре плавления $T_{пл}$. Так как температуры верхнего и нижнего концов трубы поддерживаются постоянными, количество теплоты, проходящей за единицу времени через поперечное сечение трубы, в любом месте трубы должно быть одним и тем же. Следовательно, поток теплоты через расплавленный и твёрдый чугун должен быть одним и тем же (теплообменом через стенки трубы можно пренебречь по причине малой теплопроводности кирпича).

Поток теплоты пропорционален теплопроводности, площади поперечного сечения и разности температур, приходящейся на единицу длины. Пусть l_1 – длина нижней части трубы, где чугун расплавлен, а l_2 – длина верхней части, где чугун находится в твёрдой фазе. Условие постоянства потока теплоты запишется в виде $\frac{c_{ж}(T_1 - T_{пл})}{l_1} = \frac{c_{тв}(T_{пл} - T_2)}{l_2}$; где $c_{ж}$ и $c_{тв}$ – теплопроводность жидкого и твёрдого чугуна. Учитывая, что $c_{ж} = k c_{тв}$, находим $l_1 = \frac{l_2 k (T_1 - T_{пл})}{T_{пл} - T_2}$.

Таким образом, часть трубы, заполненная жидким металлом, определяется соотношением:

$$\frac{l_1}{l_1 + l_2} = \frac{k(T_1 - T_{пл})}{k(T_1 - T_{пл}) + (T_{пл} - T_2)}$$

Ответ: $\frac{l_1}{l_1 + l_2} = \frac{k(T_1 - T_{пл})}{k(T_1 - T_{пл}) + (T_{пл} - T_2)}$.

Примерные критерии оценивания

Определено постоянство прохождения количества теплоты – **2 балла**.

Установлена зависимость потока теплоты от параметров установки – **3 балла**.

Записано условие постоянства потока теплоты – **3 балла**.

Получено конечное соотношение – **2 балла**

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2025 – 2026 учебный год

11 класс

Возможное (авторское) решение

5. На горизонтально расположенном рычаге уравновешены два тела, имеющие различную массу, но объём тел одинаков. Рычаг, с прикреплёнными телами, полностью погрузили в воду. **Определите, нарушится ли равновесие рычага.** Стержень рычага однородный, а его объём пренебрежимо мал по сравнению с объёмом тел. **Обязательно поясните ответ на основе физических закономерностей.**

Решение.

Условием равновесия рычага является равенство моментов сил. В воздухе этими силами являются силы тяжести, действующие на тела m_1g и m_2g . Поскольку эти силы различны, то будут разными и соответствующие плечи этих сил, так как $m_1gl_1 = m_2gl_2$.

После погружения рычага в воду на тела дополнительно к силе тяжести начинает действовать выталкивающая сила со стороны воды, которая пропорциональна объёму тела (выталкивающую силу, действующую на сам рычаг, можно не учитывать). В силу условия задачи $F_{A1} = F_{A2}$. Следовательно, $(m_1g - F_{A1})l_1 \neq (m_2g - F_{A2})l_2$. Поэтому равновесие рычага нарушится.

Ответ. Равновесие рычага нарушится.

Примерные критерии оценивания

Определено условие равновесия рычага в воздухе – **2 балла**.

Установлено неравенство плеч сил тяжести – **2 балла**.

Показано появление выталкивающей силы после погружения в воду и её равенство для тел – **2 балла**

Записано условие нарушения равновесия рычага – **2 балла**

Дан правильный ответ – **2 балла**