

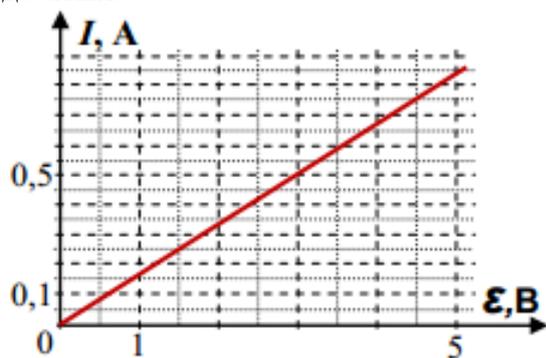
11 класс, Экспресс-подготовка к ЕГЭ по физике

Набор задач для самостоятельного решения по занятию 6.

Темы: постоянный ток.

Задача 1 (2 балла) [постоянный ток, закон Ома]

Отрезок провода подключили к регулируемому источнику постоянного напряжения и снимают зависимость силы тока через провод от ЭДС источника. График полученной зависимости представлен на рисунке. Определите сопротивление провода, если известно, что внутреннее сопротивление источника $r = 0,5 \text{ Ом}$. Ответ запишите в Омах, с точностью до десятых.



Подсказка 1: Закон Ома для замкнутого контура, состоящего из источника тока и цепи с сопротивлением R определяет силу тока в цепи: $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$.

Подсказка 2: Поэтому $R = \frac{\mathcal{E}}{I} - r$ может быть определено по любой удобной (лежащей на пересечении линий сетки) точке графика.

Решение:

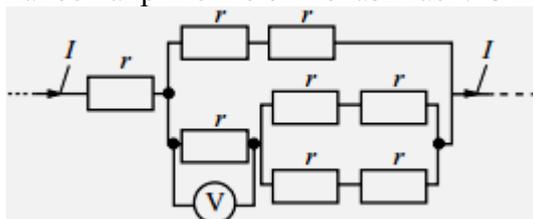
Закон Ома для замкнутого контура, состоящего из источника тока и провода с сопротивлением R определяет силу тока в цепи: $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$. Выбирая любую из точек с

напряжением, кратным 1,5 В (например, $\mathcal{E} \approx 4,5 \text{ В}$ и $I \approx 0,75 \text{ А}$), получаем $R = \frac{\mathcal{E}}{I} - r \approx 5,5$ Ом.

Ответ: 5,5.

Задача 2 (2 балла) [постоянный ток, параллельное соединение, закон Ома]

Восемь одинаковых резисторов с сопротивлением $r = 4 \text{ Ом}$ каждый соединены в электрическую цепь, по которой течет ток $I = 2,5 \text{ А}$ (см. рисунок). Вольтметр идеальный. Какое напряжение он показывает? Ответ запишите в Вольтах.



Подсказка 1: Параллельное соединение двух пар резисторов в нижней части цепи можно, в соответствии с законами параллельного соединения, заменить на один резистор с таким же сопротивлением r .

Подсказка 2: Поэтому ток, текущий по цепи делится ровно пополам между верхней и нижней ветвью.

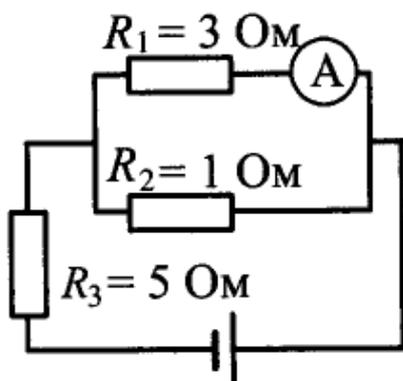
Решение:

Параллельное соединение двух пар резисторов в нижней части цепи можно, в соответствии с законами параллельного соединения, заменить на один резистор с таким же сопротивлением r . Идеальный вольтметр не влияет на протекание тока в цепи. Поэтому ток, текущий по цепи делится ровно пополам между верхней и нижней ветвью, так что сила тока через резистор, к которому подключен вольтметр, равна $I' = \frac{I}{2} = 1,25 \text{ А}$. Значит, вольтметр показывает напряжение $U = I' \cdot r = 5 \text{ В}$.

Ответ: 5.

Задача 3 (2 балла) [постоянный ток, последовательное соединение, параллельное соединение, закон Ома]

В цепи, показанной на рисунке, идеальный амперметр показывает силу тока $I_1 = 0,5 \text{ А}$. Чему равна ЭДС источника, если его внутреннее сопротивление $r = 0,25 \text{ Ом}$? Ответ запишите в Вольтах.



Подсказка 1: Так как резисторы R_1 и R_2 соединены параллельно, то напряжение на них одинаково: $I_2 R_2 = I_1 R_1 = 1,5 \text{ В} \Rightarrow I_2 = \frac{R_1}{R_2} I_1 = 1,5 \text{ А}$.

Подсказка 2: Ток через источник и R_3 равен $I_3 = I_1 + I_2 = 2 \text{ А}$.

Решение:

Так как резисторы R_1 и R_2 соединены параллельно, то напряжение на них одинаково:

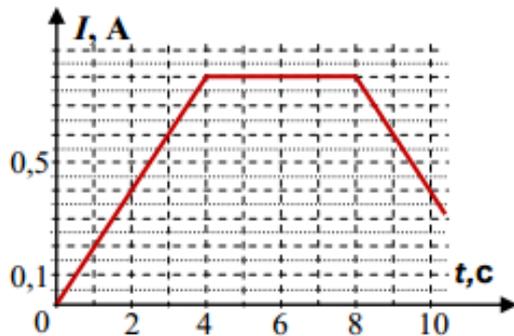
$I_2 R_2 = I_1 R_1 = 1,5 \text{ В} \Rightarrow I_2 = \frac{R_1}{R_2} I_1 = 1,5 \text{ А}$. Ток через источник и R_3 равен $I_3 = I_1 + I_2 = 2 \text{ А}$.

Следовательно, напряжение на источнике $U = I_1 R_1 + I_3 R_3 = 11,5 \text{ В}$. С другой стороны, $U = \mathcal{E} - I_3 r \Rightarrow \mathcal{E} = U + I_3 r = 12 \text{ В}$.

Ответ: 12.

Задача 4 (2 балла) [постоянный ток, сила тока]

На графике показана зависимость силы тока I в проводе от времени t . Какой заряд протечет через сечение этого провода за интервал времени от начала отсчета ($t = 0$) длительностью $\Delta t = 10 \text{ с}$? Ответ запишите в Кулонах, с точностью до целого значения.



Подсказка 1: Так как заряд, протекший через сечение провода за малое время dt равен $dq = I(t)dt$, то заряд, который проходит через сечение провода за конечный промежуток времени, вычисляется как площадь под графиком силы тока от времени (интеграл

$$\Delta q = \int_0^{\Delta t} I(t)dt).$$

Подсказка 2: В данном случае нужно вычислить сумму площадей треугольника, прямоугольника и трапеции.

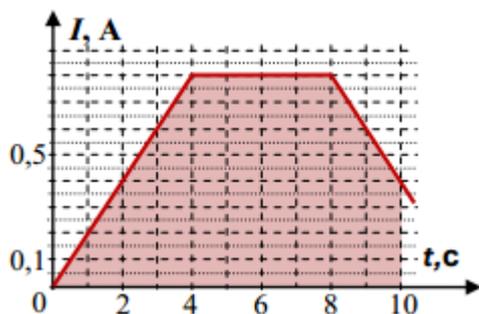
Решение:

Так как заряд, протекший через сечение провода за малое время dt равен $dq = I(t)dt$, то заряд, который проходит через сечение провода за конечный промежуток времени,

вычисляется как площадь под графиком силы тока от времени (интеграл $\Delta q = \int_0^{\Delta t} I(t)dt$). В

данном случае сумма площадей треугольника, прямоугольника и трапеции дает:

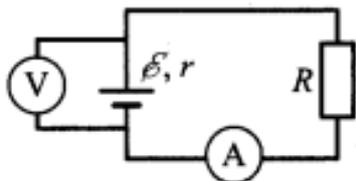
$$\Delta q \approx \left(\frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 4 + 0,8 \cdot 4 + \frac{0,8 + 0,4}{2} \cdot 2 \right) \text{ Кл} = 6 \text{ Кл}.$$



Ответ: 6.

Задача 5(2 балла) [постоянный ток, последовательное соединение, закон Ома, ЭДС]

В цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника равна $\mathcal{E} = 8\text{В}$, а его внутреннее сопротивление $r = 1\text{Ом}$. Сопротивление нагрузки равно $R = 3\text{Ом}$. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр? Ответ запишите в Вольтах.



Подсказка 1: Согласно закону Ома для полной цепи, сила тока в цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = 2\text{А}$.

Подсказка 2: Напряжение на участке цепи с ЭДС, к которому подключен источник, $U = \mathcal{E} - I \cdot r$.

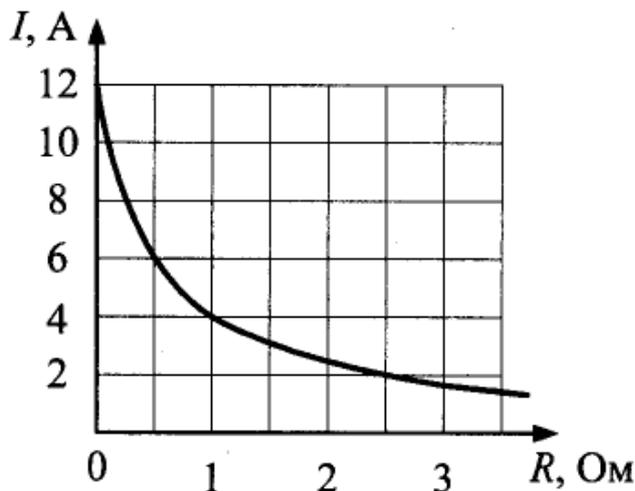
Решение:

Согласно закону Ома для полной цепи, сила тока в цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = 2 \text{ А}$. Напряжение на участке цепи с ЭДС, к которому подключен источник, $U = \mathcal{E} - I \cdot r = \frac{R}{R+r} \mathcal{E} = 6 \text{ В}$.

Ответ: 6.

Задача 6 (3 балла) [постоянный ток, последовательное соединение, закон Ома]

Источник подключили к реостату последовательно с идеальным амперметром. Изменяя сопротивление реостата R , фиксируют силу тока I в цепи. На рисунке представлен график полученной зависимости. Найдите ЭДС источника. Ответ запишите в вольтах.



Подсказка 1: Нужно использовать два значения, которые удобнее всего определять из графика: при $R = R_1 = 1 \text{ Ом}$ сила тока $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1+r} = 4 \text{ А}$, а при $R = R_2 = 2,5 \text{ Ом}$ она равна

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2+r} = 2 \text{ А}.$$

Подсказка 2: Из этих соотношений видно, что $\frac{I_1}{I_2} = 2 = \frac{R_2+r}{R_1+r} \Rightarrow r = R_2 - 2R_1 = 0,5 \text{ Ом}$.

Решение:

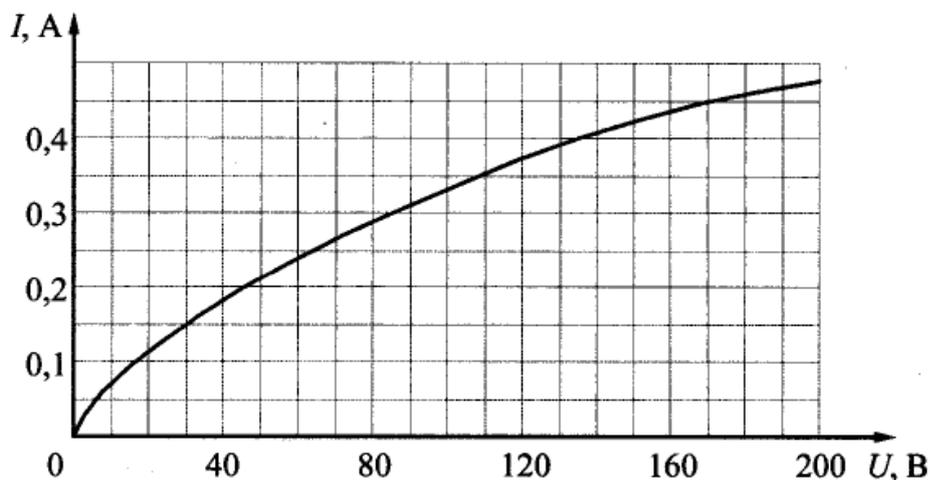
Используем два значения, которые удобнее всего определять из графика: при $R = R_1 = 1 \text{ Ом}$ сила тока $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1+r} = 4 \text{ А}$, а при $R = R_2 = 2,5 \text{ Ом}$ она равна $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2+r} = 2 \text{ А}$. Следовательно,

$$\frac{I_1}{I_2} = 2 = \frac{R_2+r}{R_1+r} \Rightarrow r = R_2 - 2R_1 = 0,5 \text{ Ом}. \text{ Тогда ЭДС источника } \mathcal{E} = I_1(R_1+r) = I_1(R_2 - R_1) = 6 \text{ В}.$$

Ответ: 6.

Задача 7 (3 балла) [постоянный ток, параллельное соединение, вольт-амперная характеристика]

На рисунке изображена зависимость силы тока через лампу накаливания от приложенного напряжения. Три такие лампы, соединенные параллельно, подключили к источнику с внутренним сопротивлением 4 Ом. При этом сила тока через источник оказалась равна 1,05 А. Найдите ЭДС источника. Ответ запишите в Вольтах, округлив до ближайшего целого значения.



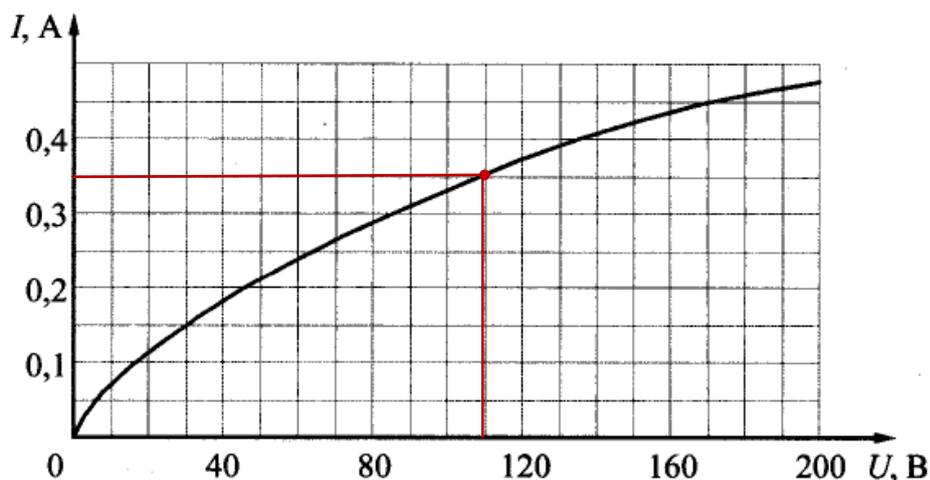
Подсказка 1: При протекании через параллельное соединение ламп ток источника делится между ними поровну (так как все три лампы одинаковы).

Подсказка 2: Поэтому ток через каждую из ламп равен 0,35 А.

Подсказка 3: По графику определяем, что напряжение на лампах равно 110 В.

Решение:

При протекании через параллельное соединение ламп ток источника делится между ними поровну (так как все три лампы одинаковы). Поэтому ток через каждую из ламп равен 0,35 А. По графику определяем, что напряжение на лампах примерно равно 110 В:

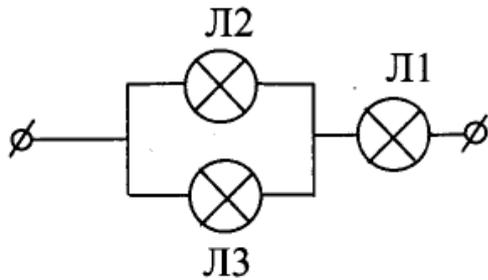


Напряжение на внутреннем сопротивлении источника $1,05 \text{ А} \cdot 4 \text{ Ом} = 4,2 \text{ В}$. Поэтому ЭДС источника равна $114,2 \text{ В} \approx 114 \text{ В}$.

Ответ: 30,9.

Задача 8 (4 балла) [постоянный ток, последовательное соединение, параллельное соединение, вольт-амперная характеристика]

Вольт-амперные характеристики газовых ламп при достаточно больших токах хорошо описываются квадратичными выражениями $U_1(I) = U_2(I) = \alpha I^2$, $U_3(I) = 2,25 \cdot \alpha I^2$, где α – некоторая размерная постоянная. Лампы 2 и 3 соединили параллельно, а лампу 1 – последовательно с ними (см. рисунок). Пусть токи, текущие через все лампы таковы, что выполняются указанные зависимости. Докажите, что в этом случае вольт-амперную характеристику такого участка цепи можно описать формулой $U(I) = C \cdot \alpha I^2$ и определите значение безразмерной постоянной C . В ответе укажите это значение с точностью до сотых.



Подсказка 1: В такой схеме напряжения на Л2 и Л3 равны: $U_2(I_2) = U_3(I_3)$, то есть $\alpha I_2^2 = 2,25 \cdot \alpha I_3^2 \Rightarrow I_2 = 1,5 \cdot I_3$.

Подсказка 2: С другой стороны, с учетом непрерывности тока, общий ток через участок $I = I_2 + I_3$, и можно выразить I_2 через I .

Подсказка 3: Напряжение на этом участке цепи $U(I) = U_1(I) + U_2(I_2)$.

Решение:

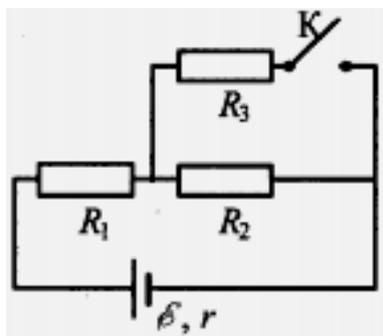
В такой схеме напряжения на Л2 и Л3 равны: $U_2(I_2) = U_3(I_3)$, то есть $\alpha I_2^2 = 2,25 \cdot \alpha I_3^2 \Rightarrow I_2 = 1,5 \cdot I_3$. С другой стороны, с учетом непрерывности тока, общий ток через участок $I = I_2 + I_3$. Поэтому $I_2 = \frac{3}{5}I$ и $I_3 = \frac{2}{5}I$. Следовательно, напряжение на этом

участке цепи $U(I) = U_1(I) + U_2(3I/5) = \alpha I^2 + \alpha \left(\frac{3I}{5}\right)^2 = \frac{34}{25} \alpha I^2$. Как видно, вольт-амперную характеристику такого участка цепи действительно можно записать в квадратичном виде, причем $C = \frac{34}{25} = 1,36$.

Ответ: 1,36.

Задача 9 (3 балла) [постоянный ток, последовательное соединение, параллельное соединение, закон Ома, закон Джоуля-Ленца]

Во сколько раз увеличится тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе R_1 при замыкании ключа К (см. рисунок), если $R_1 = R_2 = R_3 = 3\text{ Ом}$, а внутреннее сопротивление источника $r = 0,5\text{ Ом}$? Ответ запишите в виде десятичной дроби.



Подсказка 1: До замыкания ключа полное сопротивление цепи равнялось $R_T = R_1 + R_2 + r = 6,5\text{ Ом}$.

Подсказка 2: После замыкания ключа на месте резистора R_2 появилось параллельное соединение одинаковых резисторов с сопротивлением $\frac{R_2}{2}$.

Подсказка 3: В соответствии с законом Джоуля-Ленца, мощность тепловых потерь в резисторе пропорциональна квадрату силы тока.

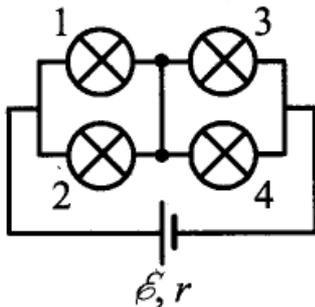
Решение:

До замыкания ключа полное сопротивление цепи равнялось $R_I = R_1 + R_2 + r = 6,5 \text{ Ом}$. После замыкания ключа на месте резистора R_2 появилось параллельное соединение одинаковых резисторов с сопротивлением $\frac{R_2}{2}$. Поэтому полное сопротивление цепи стало $R_{II} = R_1 + \frac{R_2}{2} + r = 5 \text{ Ом}$. По закону Ома для полной цепи ток, текущий через резистор R_1 , увеличится в $\frac{R_I}{R_{II}} = 1,3$ раза. Так как, в соответствии с законом Джоуля-Ленца, мощность тепловых потерь в резисторе пропорциональна квадрату силы тока, то тепловая мощность увеличится в $\left(\frac{R_I}{R_{II}}\right)^2 = 1,69$ раза.

Ответ: 1,69.

Задача 10 (3 балла) [постоянный ток, последовательное соединение, параллельное соединение, закон Ома, закон Джоуля-Ленца]

Какая тепловая мощность выделяется на лампе 4 в цепи, собранной по изображенной на рисунке схеме? Сопротивление ламп 1 и 2 $R_1 = R_2 = 10 \text{ Ом}$, сопротивления ламп 3 и 4 $R_3 = R_4 = 30 \text{ Ом}$. ЭДС источника $\mathcal{E} = 100 \text{ В}$, а его внутреннее сопротивление $r = 5 \text{ Ом}$. Ответ указать в Ваттах.



Подсказка 1: Поскольку «верхняя» и «нижняя» ветви с лампами одинаковы и одинаково подключены, то в них текут одинаковые токи. Это возможно только в том случае, если через соединяющий эти ветви провод ток не течет, и его можно удалить из схемы без изменения токов в остальных ветвях схемы.

Подсказка 2: Тогда участок с лампами есть параллельное соединение двух ветвей, сопротивление каждой из которых равно $R_1 + R_3 = 40 \text{ Ом}$.

Подсказка 3: Значит, источник создает ток $I = 2 \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_3 + 2r} = 4 \text{ А}$, и этот ток поровну

делится между одинаковыми ветвями.

Решение:

Поскольку «верхняя» и «нижняя» ветви с лампами одинаковы и одинаково подключены, то в них текут одинаковые токи. Это возможно только в том случае, если через соединяющий эти ветви провод ток не течет, и его можно удалить из схемы без изменения токов в остальных ветвях схемы. Тогда участок с лампами есть параллельное соединение двух ветвей, сопротивление каждой из которых равно $R_1 + R_3 = 40 \text{ Ом}$, и его полное сопротивление

$R = \frac{R_1 + R_3}{2} = 20 \text{ Ом}$. Значит, источник создает ток $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = 4 \text{ А}$, и этот ток поровну делится между одинаковыми ветвями. Поэтому через лампу 4 течет ток

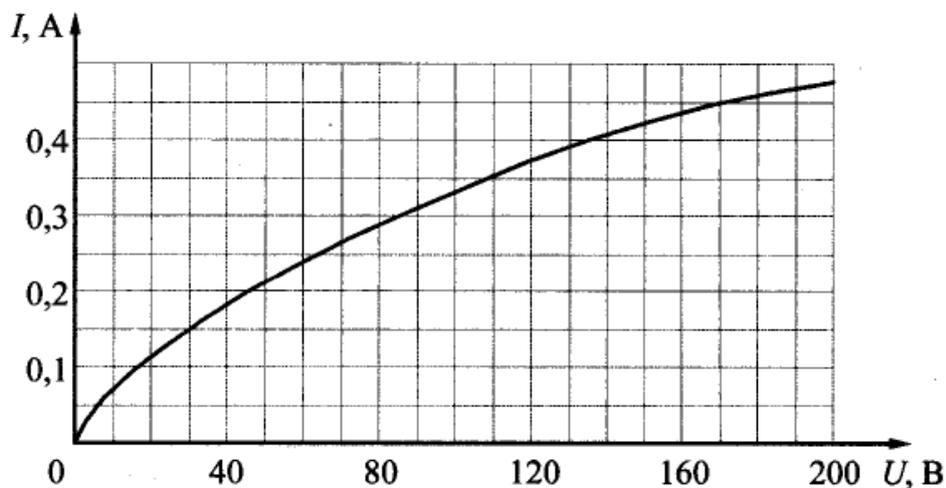
$$I_4 = \frac{\mathcal{E}}{2(R+r)} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_3 + 2r} = 2 \text{ А. По закону Джоуля-Ленца выделяющаяся тепловая}$$

$$\text{мощность } P_4 = I_4^2 R_4 = \left(\frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_3 + 2r} \right)^2 R_4 = 120 \text{ Вт.}$$

Ответ: 120.

Задача 11 (5 баллов) [постоянный ток, параллельное соединение, вольт-амперная характеристика, закон Джоуля-Ленца]

На рисунке изображена зависимость силы тока через лампу накаливания от приложенного напряжения. Такая лампа подключена к источнику постоянного напряжения $U_0 = 120\text{В}$ (внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало) последовательно с резистором $R = 0,6\text{кОм}$. Найдите тепловую мощность, выделяющуюся в лампе. Ответ запишите в Ваттах с точностью до десятых.



Подсказка 1: Если через лампу и резистор течет ток I , то напряжение, создаваемое источником есть сумма напряжений на этих элементах: $U_0 = IR + U_L(I)$, где зависимость $U_L(I)$ задана графиком на рисунке.

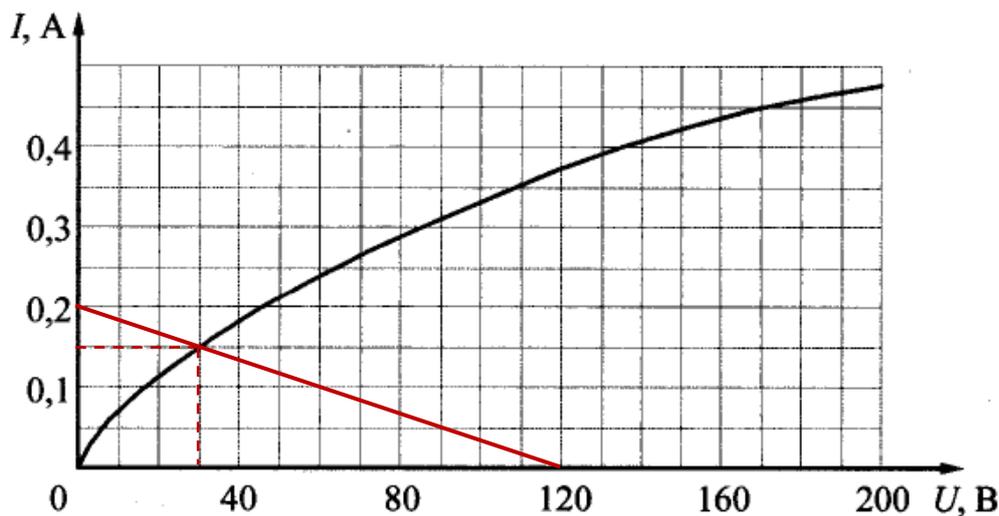
Подсказка 2: Поэтому ток является решением уравнения $U_L(I) = U_0 - IR$, которое нужно решать графически.

Подсказка 3: Построив на графике прямую $U = U_0 - IR$, найдем ее пересечение с графиком $U_L(I)$.

Подсказка 4: По закону Джоуля-Ленца, тепловая мощность $P_L = U_L \cdot I_L$.

Решение:

Если через лампу и резистор течет ток I , то напряжение, создаваемое источником есть сумма напряжений на этих элементах: $U_0 = IR + U_L(I)$, где зависимость $U_L(I)$ задана графиком на рисунке. Поэтому ток является решением уравнения $U_L(I) = U_0 - IR$, которое нужно решать графически: построив на графике прямую $U = U_0 - IR$, найдем ее пересечение с графиком $U_L(I)$:



Положение точки пересечения позволяет найти ток через лампу $I_{л} \approx 0,15 \text{ А}$ и напряжение на ней $U_{л} \approx 30 \text{ В}$. По закону Джоуля-Ленца, тепловая мощность $P_{л} = U_{л} \cdot I_{л} \approx 4,5 \text{ Вт}$.

Ответ: 4,5.

Задача 12 (3 балла) [постоянный ток, последовательное соединение, закон Ома, закон Джоуля-Ленца]

Электрическая цепь состоит из источника тока и реостата. ЭДС источника $\mathcal{E} = 24 \text{ В}$, а его внутреннее сопротивление $r = 3 \text{ Ом}$. Сопротивление реостата R может изменяться в пределах от 1 Ом до 10 Ом. Чему равна максимально возможная мощность тепловыделения в реостате? Ответ укажите в Ваттах.

Подсказка 1: Напряжение на реостате равно напряжению на источнике, которое, в соответствии с законом Ома для участка цепи с ЭДС, равно $U = \mathcal{E} - Ir$.

Подсказка 2: Тепловая мощность, выделяющаяся на реостате $P = U \cdot I = (\mathcal{E} - Ir)I$.

Подсказка 3: График зависимости $P(I)$ – это парабола, пересекающая ось I в точках 0 А и $\frac{\mathcal{E}}{r} = 8 \text{ А}$.

Решение:

Напряжение на реостате равно напряжению на источнике, которое, в соответствии с законом Ома для участка цепи с ЭДС, равно $U = \mathcal{E} - Ir$, при этом I – это ток в цепи (он течет и через источник, и через реостат). По закону Джоуля-Ленца, тепловая мощность, выделяющаяся на реостате $P = U \cdot I = (\mathcal{E} - Ir)I$. В этом выражении ток $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ изменяется

от минимального значения $\frac{24}{13} \text{ А} \approx 1,85 \text{ А}$ (при сопротивлении реостата 10 Ом) до максимального 6 А (при $R=1 \text{ Ом}$). Как видно из формулы, график зависимости $P(I)$ – это парабола, пересекающая ось I в точках 0 А и $\frac{\mathcal{E}}{r} = 8 \text{ А}$, поэтому максимум мощности

достигается при $I_m = \frac{\mathcal{E}}{2r} = 4 \text{ А}$ (отметим, что это значение попадает в интервал изменения

тока). Значит, $P_m = \frac{\mathcal{E}^2}{4r} = 48 \text{ Вт}$.

Примечание: нетрудно заметить, что нужное значение тока соответствует $R=r$ (естественно, значение 3 Ом тоже находится внутри диапазона изменения сопротивления реостата). Нетрудно догадаться, что это общее правило: мощность, выделяемая в

подключенной к источнику «нагрузке», максимальна, если сопротивление нагрузки равно внутреннему сопротивлению источника!

Ответ: 48.

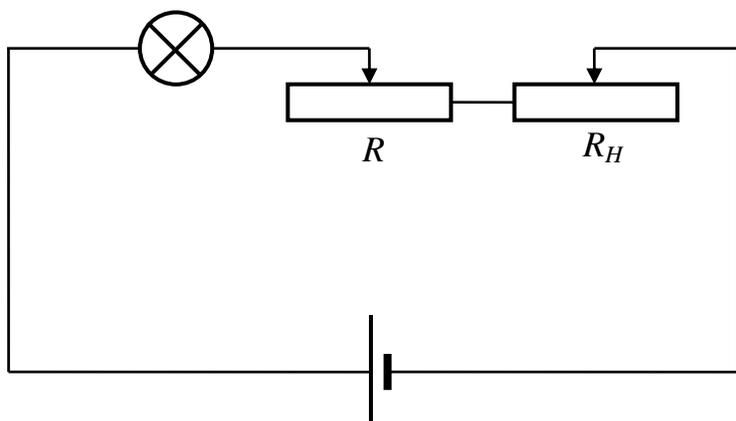
Задача 13 (3 балла) [постоянный ток, последовательное соединение, параллельное соединение, закон Джоуля-Ленца]

Лампа, реостат и регулируемый по сопротивлению нагревательный элемент (устроенный как реостат), соединенные последовательно, подключены к источнику постоянного тока, как показано на рисунке. В первоначальном режиме работы лампа потребляет мощность $P_1 = 40\text{Вт}$, а мощность выделения тепла в нагревательном элементе $P_2 = 200\text{Вт}$. При этом сопротивление реостата в три раза больше сопротивления нагревательного элемента:

$\frac{R}{R_H} = 3$. Сопротивление реостата и нагревательного элемента изменили так, что мощность,

потребляемая лампой, не изменилась, а мощность тепловыделения в нагревательном элементе возросла в два раза: $P'_2 = 400\text{Вт}$. Каким в этом случае стало соотношение

сопротивлений реостата и нагревательного элемента $\frac{R'}{R'_H} = ?$



Подсказка 1: мощность, потребляемая лампой, зависит от тока через нее, и неизменность этой мощности означает, что ток в цепи не изменился.

Подсказка 2: следовательно, несмотря на изменение сопротивлений реостата и нагревательного элемента, их сумма не изменилась.

Подсказка 3: поскольку мощность тепловыделения в нагревательном элементе возросла в два раза, то в два раза возросло и сопротивление нагревательного элемента.

Решение:

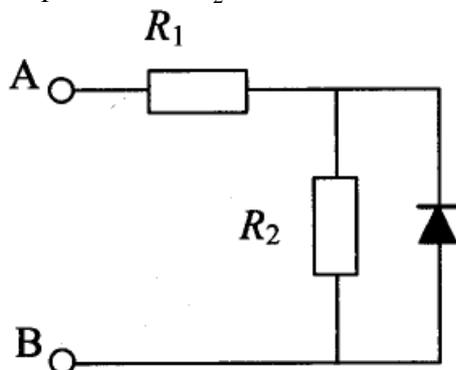
Мощность, потребляемая лампой, монотонно растет с увеличением тока через нее. Поскольку эта мощность не изменилась, то ток в цепи не изменился, и, в соответствии с законом Ома для полной цепи, это означает, что полное сопротивление цепи неизменно. При том же токе сопротивление нити лампы осталось тем же, и внутреннее сопротивление источника не изменилось. Следовательно, несмотря на изменение сопротивлений реостата и нагревательного элемента, их сумма не изменилась: $R' + R'_H = R + R_H = 4R_H$. Поскольку мощность тепловыделения в нагревательном элементе при той же силе тока возросла в два раза, то в соответствии с законом Джоуля-Ленца в два раза возросло сопротивление нагревательного элемента: $P'_2 = I^2 R'_H = 2P_2 = I^2 R_H \Rightarrow R'_H = 2R_H$. Из полученных

соотношений находим: $R' = 2R_H$, и в результате $\frac{R'}{R'_H} = 1$.

Ответ: 1.

Задача 14 (3 балла) [постоянный ток, последовательное соединение, параллельное соединение, идеальный диод, закон Джоуля-Ленца]

В цепи, схема которой показана на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном – многократно превышает сопротивление любого из резисторов. При подключении к точке А положительного, а к точке В – отрицательного полюса источника постоянного напряжения с ЭДС $\mathcal{E} = 12\text{В}$ и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением потребляемая мощность равна $P_1 = 6\text{Вт}$. При изменении полярности подключения источника на противоположную потребляемая мощность возрастает до $P_2 = 24\text{Вт}$. Найдите сопротивление R_2 . Ответ указать в Ом.



Подсказка 1: В первом случае диод заперт, и ток течет только через резисторы.

Подсказка 2: Потребляемая мощность $P_1 = I_1^2(R_1 + R_2) = \frac{\mathcal{E}^2}{R_1 + R_2}$.

Подсказка 3: Во втором случае диод открыт, и через резистор R_2 ток не течет.

Решение:

В первом случае диод заперт, и ток течет только через резисторы. По закону Ома $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$, поэтому потребляемая мощность, согласно закону Джоуля-Ленца, $P_1 = I_1^2(R_1 + R_2) = \frac{\mathcal{E}^2}{R_1 + R_2}$. Во втором случае диод открыт, и резистор R_2 оказывается

«закорочен» - ток через него не течет. Поэтому теперь $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_1}$ и $P_2 = I_2^2 R_1 = \frac{\mathcal{E}^2}{R_1}$. Из этого

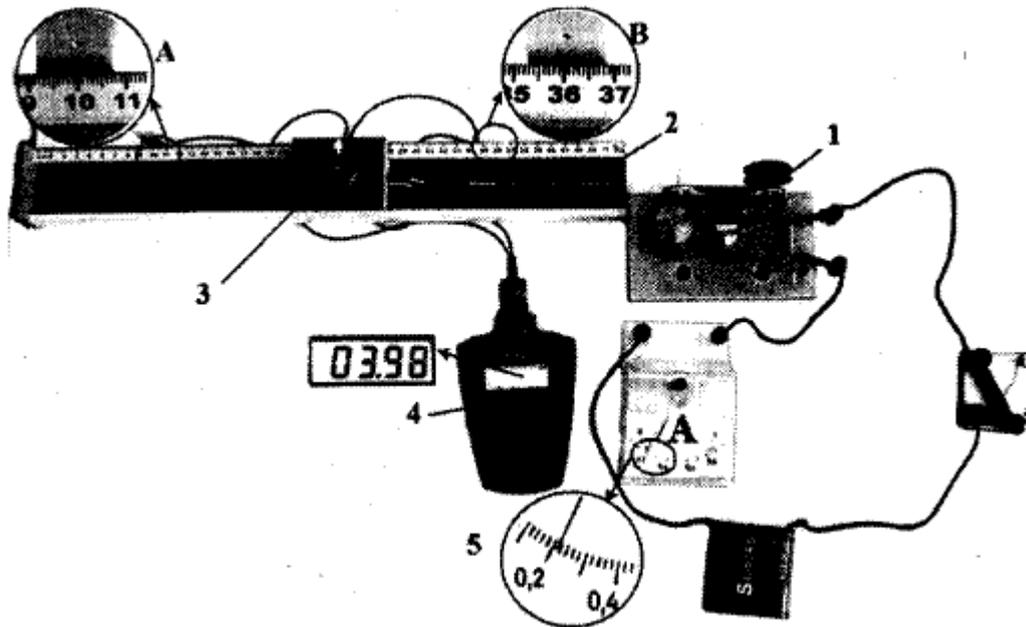
соотношения находим $R_1 = \frac{\mathcal{E}^2}{P_2} = 6\text{ Ом}$. Кроме того, из обоих соотношений следует, что

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \Rightarrow R_2 = \left(\frac{P_2}{P_1} - 1 \right) R_1 = 18\text{ Ом}.$$

Ответ: 18.

Задача 15 (4 балла) [постоянный ток, закон Джоуля-Ленца, равномерное движение, механическая работа]

На фотографии показана установка, в которой электродвигатель 1 с помощью нити 2 равномерно перемещает каретку 3 вдоль направляющей горизонтальной линейки. При прохождении каретки мимо датчика А секундомер 4 включается, а при прохождении мимо датчика В – выключается. Сила трения скольжения каретки вдоль направляющей была измерена с помощью динамометра, и оказалась равной 0.4 Н. Чему равно напряжение на двигателе во время работы, если при силе тока, измеренной амперметром 5, работа силы натяжения нити составляет 10% от работы источника тока во внешней цепи? Сопротивлением амперметра и соединительных проводов пренебречь. Линейка проградуирована в см. Ответ укажите в В, округлив до целого значения.



Подсказка 1: В первом случае диод заперт, и ток течет только через резисторы.

Подсказка 2: Потребляемая мощность $P_1 = I_1^2(R_1 + R_2) = \frac{\mathcal{E}^2}{R_1 + R_2}$.

Подсказка 3: Во втором случае диод открыт, и через резистор R_2 ток не течет.

Решение:

Так как каретка движется равномерно, то векторная сумма горизонтальных сил, действующих на нее (силы натяжения нити и силы трения) равна нулю. Поэтому сила натяжения нити по величине равна силе трения скольжения: $F \approx 1,7 \text{ Н}$. Ее работа $A = F \cdot s$, где путь каретки определяется по шкале линейки: $s \approx 26 \text{ см}$. Работа источника тока $A_{\text{ист}} = UIt$, где, в соответствии с показаниями приборов, $t \approx 3,98 \text{ с}$, а $I \approx 0,22 \text{ А}$. По условию $A = 0,1 \cdot A_{\text{ист}}$, то есть $F \cdot s = 0,1UIt \Rightarrow U = 10 \frac{Fs}{It} \approx 5 \text{ В}$.

Примечание: ясно, что все данные известны с некоторой погрешностью. Поэтому нужно стараться максимально точно определять показания приборов, но в конце произвести требуемое или «разумное» округление. Например, в данном случае, если бы точность округления не была задана в условии, следовало бы отметить, что «самое неточное» из измерений – это измерение силы тока – там погрешность не более 0,01 А составляет около 4% от результата (правда, точность измерения силы трения на неизвестна, но логично предположить, что она не превышает 0,05 Н, то есть 3% от результата). Так что ошибка в определении напряжения не менее 5-6%, то есть в районе 0,3 В. Это означает, что приводить ответ с точностью до десятых особого смысла не имеет, и округление до целого значения достаточно разумно. Впрочем, если в условии это не задано явно, то небольшое превышение разумной точности (типа записи ответа с точностью до десятых) не вызовет нареканий, а вот указание десятичных долей В будет выглядеть явно некорректным.

Ответ: 5.