

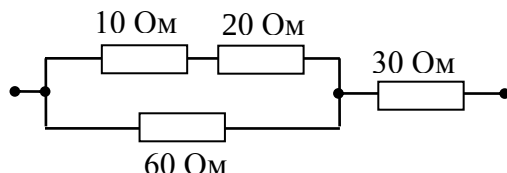
**7-9 классы, подготовка к теоретическому туру
олимпиады школьников «Робофест» по физике**

Задачи к вводному занятию 7.

Тема: «ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА».

Задача 1. (1 балл) [сопротивление, параллельное и последовательное соединения]

Найти общее сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке. Ответ запишите в омах.



Подсказка 1: Сопротивление последовательно соединенных резисторов 10 Ом и 20 Ом равно 30 Ом.

Подсказка 2: Сопротивление параллельно соединенных участков 30 Ом и 60 Ом определяется соотношением $\frac{1}{R} = \frac{1}{30\text{Ом}} + \frac{1}{60\text{Ом}}$.

Подсказка 3: Нужно прибавить сопротивление оставшегося резистора.

Решение: Сопротивление последовательно соединенных резисторов 10 Ом и 20 Ом равно 30 Ом. Сопротивление параллельно соединенных участков 30 Ом и 60 Ом определяется

соотношением $\frac{1}{R} = \frac{1}{30\text{Ом}} + \frac{1}{60\text{Ом}}$, откуда $R = 20\text{Ом}$. Прибавляя сопротивление оставшегося резистора, равное 30 Ом, находим, что полное сопротивление равно 50 Ом.

ОТВЕТ: 50.

Задача 2. (2 балла) [сопротивление, параллельное и последовательное соединения, закон Ома]

Однородный провод подключили к клеммам идеального источника ЭДС, и по нему потек ток 1,5 А. Потом его разрезали пополам, и обе половины подключили параллельно к клеммам того же источника. Найдите полный ток, создаваемый источником. Ответ запишите в амперах.

Подсказка 1: Сопротивление половины провода в два раза меньше, чем сопротивление целого провода.

Подсказка 2: Идеальный источник ЭДС всегда создает на своих клеммах одно и то же напряжение.

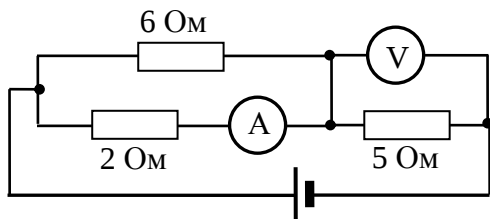
Подсказка 3: При параллельном соединении токи складываются.

Решение: Сопротивление половины провода в два раза меньше, чем сопротивление целого провода. Поэтому при подключении половины провода к тому же идеальному источнику (который всегда создает на своих клеммах одно и то же напряжение) сила тока в ней будет в два раза больше и равна 3 А. Когда обе половины подключены параллельно, токи складываются, и полный ток будет равен 6 А.

ОТВЕТ: 6.

Задача 3. (3 балла) [сопротивление, параллельное и последовательное соединения, закон Ома]

В схеме, показанной на рисунке, практически идеальный амперметр показывает силу тока, равную 1,8 А. Каковы показания вольтметра, который также можно считать идеальным? Ответ запишите в вольтах, при необходимости округлив до целого значения.



Подсказка 1: В двух параллельно соединенных ветвях токи обратно пропорциональны сопротивлениям.

Подсказка 2: Поэтому в ветви с сопротивлением в 6 Ом ток в 3 раза меньше, чем в ветви с сопротивлением 2 Ом.

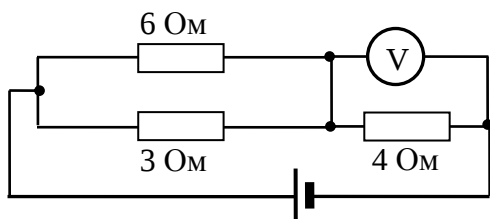
Подсказка 3: Суммарный ток этих ветвей течет через резистор 5 Ом.

Решение: В двух параллельно соединенных ветвях токи обратно пропорциональны сопротивлениям (причем сопротивлением амперметра мы пренебрегаем, так как он по условию идеален), поэтому в ветви с сопротивлением в 6 Ом ток в 3 раза меньше, чем в ветви с сопротивлением 2 Ом. Таким образом, в ветви с резистором 6 Ом течет ток 0,6 А, и суммарный ток в этих ветвях равен 2,4 А. Через идеальный вольтметр ток не течет, и поэтому весь этот ток течет через резистор 5 Ом. Вольтметр показывает напряжение на этом резисторе, которое по закону Ома равно $2,4 \text{ А} \times 5 \text{ Ом} = 12 \text{ В}$.

ОТВЕТ: 12.

Задача 4. (3 балла) [сопротивление, параллельное и последовательное соединения, закон Ома, ЭДС]

В схеме, показанной на рисунке, практически идеальный вольтметр показывает напряжение 12 В. Какова ЭДС источника, если известно, что его внутреннее сопротивление равно 2 Ом? Ответ запишите в вольтах, при необходимости округлив до целого значения.



Подсказка 1: Вольтметр показывает напряжение на резисторе 4 Ом, поэтому ток через него, согласно закону Ома равен $12 \text{ В} : 4 \text{ Ом} = 3 \text{ А}$.

Подсказка 2: Два параллельно соединенных резистора 6 Ом и 3 Ом можно заменить на один с сопротивлением R , определяемом из соотношения $\frac{1}{R} = \frac{1}{3\text{Ом}} + \frac{1}{6\text{Ом}} \Rightarrow R = 2 \text{ Ом}$.

Подсказка 3: Напряжение на этом резисторе $3 \text{ А} \times 2 \text{ Ом} = 6 \text{ В}$, и точно такое же напряжение на внутреннем сопротивлении источника.

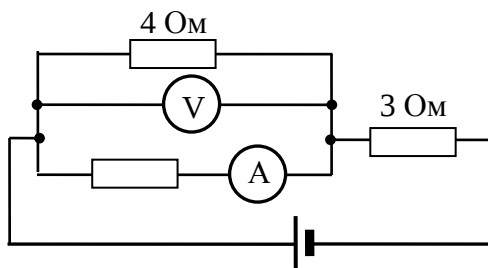
Решение: Вольтметр показывает напряжение на резисторе 4 Ом, поэтому ток через него, согласно закону Ома равен $12 \text{ В} : 4 \text{ Ом} = 3 \text{ А}$. Два параллельно соединенных резистора 6 Ом и 3 Ом можно заменить на один с сопротивлением R , определяемом из соотношения $\frac{1}{R} = \frac{1}{3\text{Ом}} + \frac{1}{6\text{Ом}} \Rightarrow R = 2 \text{ Ом}$. Напряжение на этом резисторе $3 \text{ А} \times 2 \text{ Ом} = 6 \text{ В}$, и точно такое

же напряжение на внутреннем сопротивлении источника. Суммируя все напряжения на элементах цепи, получаем, что ЭДС источника равна 24 В.

ОТВЕТ: 24.

Задача 5. (3 балла) [сопротивление, параллельное и последовательное соединения, закон Ома, ЭДС]

В схеме, показанной на рисунке, вольтметр показывает напряжение 8 В, а амперметр 3 А. ЭДС источника равна 28 В. Чему равно внутреннее сопротивление источника? Измерительные приборы можно считать идеальными. Ответ запишите в Омах, при необходимости округлив до целого значения.



Подсказка 1: Вольтметр показывает напряжение на резисторе 4 Ом, поэтому ток через этот резистор, согласно закону Ома равен $8 \text{ В} : 4 \text{ Ом} = 2 \text{ А}$.

Подсказка 2: Этот ток складывается с током из ветви с амперметром, и через резистор 3 Ом течет ток 5 А.

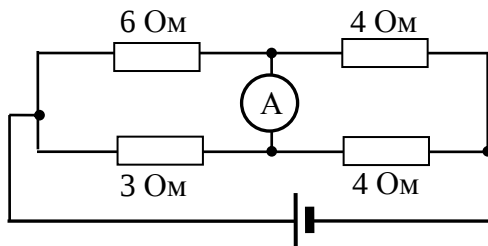
Подсказка 3: Напряжение на внутреннем сопротивлении источника $28 \text{ В} - (8 \text{ В} + 15 \text{ В}) = 5 \text{ В}$.

Решение: Вольтметр показывает напряжение на резисторе 4 Ом, поэтому ток через этот резистор, согласно закону Ома равен $8 \text{ В} : 4 \text{ Ом} = 2 \text{ А}$. Этот ток складывается с током из ветви с амперметром, и через резистор 3 Ом течет ток 5 А. Значит, напряжение на этом резисторе равно $5 \text{ А} \times 3 \text{ Ом} = 15 \text{ В}$. Следовательно, напряжение на внутреннем сопротивлении источника $28 \text{ В} - (8 \text{ В} + 15 \text{ В}) = 5 \text{ В}$ и при этом через источник течет ток 5 А. Таким образом, внутреннее сопротивление источника равно 1 Ом.

ОТВЕТ: 1.

Задача 6. (4 балла) [сопротивление, параллельное и последовательное соединения, закон Ома, ЭДС]

В схеме, показанной на рисунке, ЭДС источника равна 15 В, а его внутреннее сопротивление равно 1 Ом? Каковы показания амперметра, внутреннее сопротивление которого много меньше 0,01 Ом? Ответ запишите в амперах, с точностью до десятых.

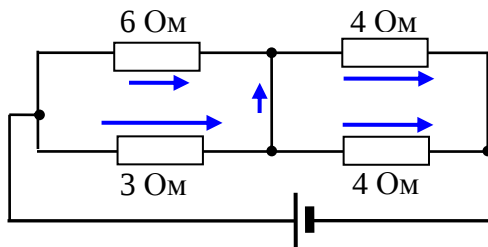


Подсказка 1: Сопротивление амперметра настолько мало, что при требуемой точности им можно пренебречь.

Подсказка 2: $\frac{1}{R} = \frac{1}{3 \text{ Ом}} + \frac{1}{6 \text{ Ом}} \Rightarrow R = 2 \text{ Ом}$ и $\frac{1}{R} = \frac{1}{4 \text{ Ом}} + \frac{1}{4 \text{ Ом}} \Rightarrow R = 2 \text{ Ом}$.

Подсказка 3: Сила тока в резисторе 6 Ом равна 1 А, а в резисторе 3 Ом – 2 А, а в обоих резисторах 4 Ом по 1,5 А.

Решение: Сопротивление амперметра настолько мало, что при требуемой точности им можно пренебречь: при расчете токов в других ветвях можно считать его равным 0, то есть рассматривать следующую схему:



Сопротивления обеих пар параллельно соединенных резисторов одинаковы: $\frac{1}{R} = \frac{1}{3\text{ Ом}} + \frac{1}{6\text{ Ом}} \Rightarrow R = 2\text{ Ом}$ и $\frac{1}{R} = \frac{1}{4\text{ Ом}} + \frac{1}{4\text{ Ом}} \Rightarrow R = 2\text{ Ом}$. Вместе с внутренним сопротивлением источника полное сопротивление цепи равно 5 Ом, и сила тока в ветви с источником $15\text{ В} : 5\text{ Ом} = 3\text{ А}$. Этот ток между параллельно соединенными резисторами делится обратно пропорционально их сопротивлениям: сила тока в резисторе 6 Ом равна 1 А, а в резисторе 3 Ом – 2 А, а в обоих резисторах 4 Ом по 1,5 А. Теперь используем непрерывность тока. Тогда понятно, что по «перемычке», в которой расположен амперметр, должен течь ток $I = 2\text{ А} - 1,5\text{ А} = 0,5\text{ А}$.

ОТВЕТ: 0,5.

Задача 7. (3 балла) [сопротивление, параллельное и последовательное соединения, закон Ома, ЭДС, закон Джоуля-Ленца]

Нагревательный элемент с сопротивлением $R_H = 120\text{ Ом}$ соединен параллельно с резистором $R = 40\text{ Ом}$, и эта пара последовательно с немаркированным реостатом подключена к источнику с ЭДС $\mathcal{E} = 96\text{ В}$. При некотором положении движка реостата мощность нагревательного элемента составляет $P_H = 30\text{ Вт}$. Движок реостата передвинули так, что его сопротивление уменьшилось в два раза. Какова теперь мощность нагревательного элемента? Ответ запишите в ваттах, с точностью до десятых. Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.

Подсказка 1: Мощность, выделяемая нагревательным элементом, связана с током через него соотношением $P_H = I_H^2 R_H$.

Подсказка 2: Ток через нагревательный элемент $I_H = \sqrt{\frac{P_H}{R_H}} = 0,5\text{ А}$, и поэтому ток в ветви с источником $I = I_R + I_H = 2\text{ А}$.

Подсказка 3: Сопротивление параллельно соединенной пары (нагревательный элемент и резистор) равно 30 Ом, а полное сопротивление подключенной к источнику цепи в первом случае $96\text{ В} : 2\text{ А} = 48\text{ Ом}$.

Решение: Мощность, выделяемая нагревательным элементом, связана с током через него соотношением $P_H = I_H^2 R_H$, поэтому $I_H = \sqrt{\frac{P_H}{R_H}} = 0,5\text{ А}$. У подключенного параллельно

резистора сопротивление в 3 раза меньше, поэтому ток в 3 раза больше: $I_R = \frac{R_H}{R} I_H = 1,5\text{ А}$.

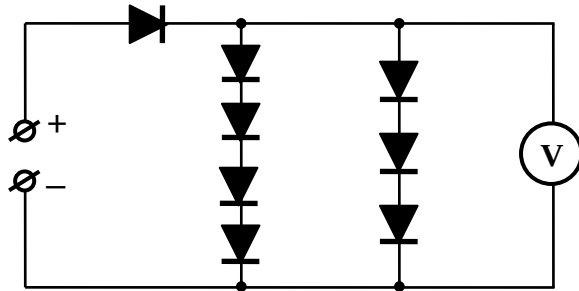
Значит, ток в ветви с источником $I = I_R + I_H = 2\text{ А}$. Тогда полное сопротивление подключенной к источнику цепи $96\text{ В} : 2\text{ А} = 48\text{ Ом}$. Так как сопротивление параллельно соединенной пары (нагревательный элемент и резистор) равно 30 Ом, то первоначальное сопротивление реостата равно 18 Ом. Поэтому после уменьшения в 2 раза его сопротивление станет равно 9 Ом, а полное сопротивление цепи 39 Ом. В этом случае ток в ветви с источником $I' = \frac{32}{13}\text{ А}$. Так как при параллельном соединении токи делятся обратно

пропорционально сопротивлениям, то на долю нагревательного элемента придется четверть этого тока: $I'_H = \frac{8}{13}$ А. Следовательно, $P'_H = I'^2_H R_H \approx 45,4$ Вт.

ОТВЕТ: 45,4.

Задача 8. (4 балла) [параллельное и последовательное соединения, нелинейный элемент]

В цепи, схема которой показана на рисунке, все 8 диодов одинаковы и являются нелинейными элементами – сила тока для них растет пропорционально квадрату приложенного напряжения. Идеальный вольтметр в этой схеме показывает напряжение 48 В. Какое напряжение покажет вольтметр, если, не меняя схемы, подключить его непосредственно к клеммам источника? Ответ дайте в вольтах, округлив при необходимости до целого значения.



Подсказка 1: Напряжение на каждом из диодов в ветви с тремя диодами равно $48 \text{ В} : 3 = 16 \text{ В}$, а на каждом диоде в ветви с четырьмя диодами $48 \text{ В} : 4 = 12 \text{ В}$.

Подсказка 2: По условию ток через диод пропорционален квадрату приложенного напряжения, то ток в ветви с четырьмя диодами равен $(12 \text{ В}/16 \text{ В})^2 \cdot I = 9 I/16$, где I – ток в ветви с тремя диодами.

Подсказка 3: Ток через отдельно расположенный диод равен $I + (9 I/16) = 25 I/16$, то есть в $25/16$ раза отличается от тока через каждый из диодов в ветви с тремя диодами.

Решение: Пусть ток в ветви с тремя диодами равен I . Напряжение на каждом из этих диодов равно $48 \text{ В} : 3 = 16 \text{ В}$, а на каждом диоде в ветви с четырьмя диодами $48 \text{ В} : 4 = 12 \text{ В}$. Так как по условию ток через диод пропорционален квадрату приложенного напряжения, то ток в ветви с четырьмя диодами равен $(12 \text{ В}/16 \text{ В})^2 \cdot I = 9 I/16$. С учетом непрерывности тока находим, что ток через отдельно расположенный диод равен $I + (9 I/16) = 25 I/16$, то есть в $25/16$ раза отличается от тока через каждый из диодов в ветви с тремя диодами. Напряжение на диоде, очевидно, пропорционально корню квадратному из силы тока, поэтому напряжение на этом диоде равно $(5/4) \cdot 16 \text{ В} = 20 \text{ В}$. Значит, напряжение на клеммах источника равно $48 \text{ В} + 20 \text{ В} = 68 \text{ В}$. Именно это значение покажет идеальный вольтметр, подключенный непосредственно к клеммам источника.

ОТВЕТ: 68.