

«ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА».

Электрическим током называют упорядоченное направленное движение заряженных частиц. Для существования тока необходимы два условия:

- Наличие свободных зарядов;
- Наличие внешнего электрического поля, которое заставит перемещаться заряды.

Отношение величины заряда, протекшего через поперечное сечение образца, ко времени его протекания называется **силой тока**.

$$I = \frac{q}{t}$$

q – заряд, измеряется в Кулонах [q] = Кл; t – время [t] = с; I – сила тока, измеряется в Амперах [I] = А.

Отношение работы внешнего поля по перемещению заряда к величине этого заряда называется **напряжением**.

$$U = \frac{A}{q}$$

A – работа внешних сил [A] = Дж; U – напряжение, измеряется в Вольтах [U] = В.

При перемещении зарядов внутри материала они испытывают столкновения между собой и с элементами кристаллической решетки материала, таким образом, вещество сопротивляется протеканию электрического тока. По сопротивлению материалы классифицируют на проводники и изоляторы (диэлектрики). Величина сопротивления определяется формулой:

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

R – сопротивление, измеряется в Омах [R] = Ом; ρ – удельное сопротивление материала (величина табличная) [ρ] = Ом·м; l –



длина проводника $[l] = \text{м}$; S – площадь поперечного сечения проводника $[S] = \text{м}^2$.

Закон Ома для участка цепи:

Сила тока на участке цепи равна отношению напряжения на концах этого участка к его сопротивлению.

$$I = \frac{U}{R}$$

Законы соединений проводников:

Соединение	последовательное	параллельное
Изображение соединения на схемах		
Закон сил токов	$I_{\text{общ.}} = I_1 = I_2$	$I_{\text{общ.}} = I_1 + I_2$
Закон напряжений	$U_{\text{общ.}} = U_1 + U_2$	$U_{\text{общ.}} = U_1 = U_2$
Закон сопротивлений	$R_{\text{общ.}} = R_1 + R_2$	$\frac{1}{R_{\text{общ.}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Индексы: 1 – для первого проводника, 2 – для второго проводника, общ. – общее для всего соединения двух проводников.

Работа тока равна произведению силы тока и напряжения:

$$A = I \cdot U$$

A – работа тока $[A] = \text{Дж}$.

Мощность тока – работа тока в единицу времени:

$$N = \frac{A}{t}$$

N – мощность тока $[N] = \text{Вт}$.

Закон Джоуля-Ленца: Количество теплоты, выделяющееся на проводнике, равно произведению квадрата силы тока,

сопротивления проводника и времени протекания тока.

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Q – количество теплоты, выделяющееся на проводнике $[Q] = \text{Дж}$.

Полная электрическая цепь состоит из источника, потребителя и ключа, соединенных проводниками. Для протекания по цепи тока к потребителю, необходимо, чтобы цепь была замкнута, а источник поддерживал постоянное напряжение на концах цепи. Ключ служит для замыкания и размыкания цепи. Источник имеет два полюса, где концентрируются и перераспределяются положительные и отрицательные заряды. Внутри источника заряды перемещаются против действия электростатического поля, таким образом, природа сил перераспределяющих заряды внутри источника не может иметь электростатический характер. Такие силы названы сторонними для источника (химические, тепловые, электромагнитные и другие). При перемещении зарядов внутри источника против поля сторонние силы совершают работу. Отношение работы сторонних сил к величине перемещаемого ими заряда называется ЭДС (\mathcal{E} – электродвижущая сила).

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{стор.}}}{q} .$$

ЭДС измеряется в вольтах $[\mathcal{E}] = \text{В}$ и имеет смысл напряжения на концах источника. ЭДС обычно указывается на источнике.

Источник имеет собственное внутреннее сопротивление (r). Для качественной работы источника его внутреннее сопротивление должно быть малым по сравнению с сопротивлением внешней цепи (R) (потребитель и провода). Источник и внешняя цепь соединены последовательно и имеют полное сопротивление ($R+r$).

Закон Ома для полной цепи:

Сила тока в цепи равна отношению ЭДС источника к полному сопротивлению цепи.

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Если во внешней цепи отсутствует потребитель с высоким сопротивлением, то при малом (R), согласно формуле, в цепи резко увеличится сила тока. Такое явление называется **коротким замыканием** и приводит к перегреву (возгоранию) и выходу из строя элементов цепи.

Расчет цепей.

Узел цепи – место соединения проводников. Токи, текущие к узлу, считаются положительными. Токи, вытекающие из узла, считаются отрицательными.

Первый закон Кирхгофа:

Сумма токов в узлах цепей равна нулю.

Второй закон Кирхгофа:

Алгебраическая сумма падений напряжений равна сумме ЭДС источников.

Падением напряжения называют произведение силы тока на участке и сопротивления этого участка. Знаки ЭДС выбираются в соответствии с выбранным направлением тока в контуре.

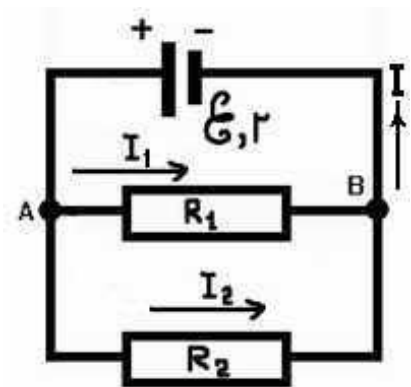
Пример (см. рис.) Известно: r , R_1 , R_2 , ε .

Найти токи: I , I_1 , I_2 - ?

В схеме $N=2$ узла (A) и (B). Можно записать $N-1=1$ линейно независимых уравнений первого закона Кирхгофа:

$$I - I_1 - I_2 = 0 \text{ (для узла A).}$$

Для решения задачи с тремя неизвестными необходимо записать систему из 3-х линейно независимых уравнений. Оставшиеся



уравнения записываются на основании второго закона Кирхгофа.

Рассмотрим замкнутый контур (+, A, R₁, B, -) : $\varepsilon = I \cdot r + I_1 \cdot R_1$.

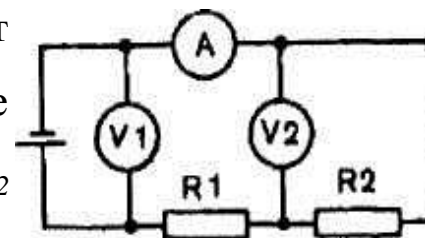
Рассмотрим замкнутый контур (+, A, R₂, B, -) : $\varepsilon = I \cdot r + I_2 \cdot R_2$.

Таким образом, для решения задачи составляем систему:

$$\begin{cases} I - I_1 - I_2 = 0 \\ I \cdot r + I_1 \cdot R_1 = \varepsilon \\ I \cdot r + I_2 \cdot R_2 = \varepsilon \end{cases}$$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
«ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА».

Пример №1. В цепь включены два проводника: R₁ = 5 Ом и R₂ = 10 Ом. Вольтметр V₁ показывает напряжение 12 В. Определите показания амперметра и вольтметра V₂ (Ответ: 0,8 А; 8 В.)



Дано:	Решение:
R ₁ = 5 Ом R ₂ = 10 Ом V ₁ = 12 В.	Резисторы R ₁ и R ₂ соединены последовательно. Общее сопротивление цепи R = R ₁ + R ₂ = 5 + 10 = 15 Ом. Вольтметр V ₁ показывает общее напряжение в цепи, таким образом: I = V ₁ /R = 12/15 = 0,8 А. Вольтметр V ₂ показывает напряжение на втором резисторе R ₂ , а сила тока в нем равна силе тока в любой точке цепи I ₂ = I, т.к она последовательная. Таким образом: V ₂ = I R ₂ = 0,8 * 10 = 8 В.
Найти: V ₂ .? I-?	

Пример №2. Батарея с ЭДС 16 В обеспечивает в цепи силу тока 2 А. КПД батареи 0,75. Найти внутреннее сопротивление батареи. (Ответ: 2 Ом.)

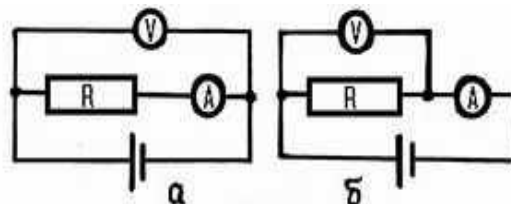
Дано:	Решение:
$\varepsilon = 16B$ $\eta = 0,75$ $I = 2A$	Закон Ома полной цепи: $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$. Коэффициент полезного действия:
Найти: $r = ?$	$\eta = \frac{P_{\text{внешнее}}}{P_{\text{полное}}} = \frac{I^2 \cdot R}{I^2 \cdot (R + r)} = \frac{R}{(R + r)}$ Решая систему этих двух уравнений получим: $r = \frac{\varepsilon}{I}(1 - \eta) = \frac{16B}{2A}(1 - 0,75) = 2\text{Ом}.$

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

«ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА»

1. Между блоками ЭВМ электрический импульс должен передаваться за 1 нс. Можно ли эти блоки соединить проводом длиной 40 см?

2. Для измерения сопротивления школьного проволочного резистора два ученика используют разные



схемы (см. рис. а и б). Расчет оба ведут по формуле $R = U/I$, где U - показания вольтметра, I - показания амперметра. Какой ученик допустит большую погрешность?

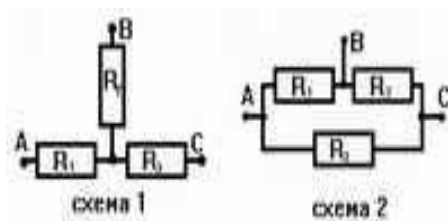
3. Конденсатор емкостью 5 мкФ, заряженный до разности потенциалов 200 В, разрядился по проводу за 1 мс. Какова средняя сила тока при разрядке?

4. Медная проволока массой 300 г имеет сопротивление 57 Ом. Найдите длину и площадь поперечного сечения проволоки. Плотность меди 8,9 г/см³, удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

5. Через серебряную проволоку сечением 1 мм² течет ток 1 А.

Вычислить среднюю скорость дрейфа электронов, полагая, что каждый атом серебра дает один электрон проводимости. Плотность серебра равна $10,5 \text{ г/см}^3$.

6. Схема, состоящая только из резисторов, имеет три вывода: А, В, С. Омметр, подключенный к выводам А и В показывает 5 Ом , к А и С — 9 Ом , к В и



С — 8 Ом . Предложите два варианта соединений внутри схемы так, чтобы использовалось минимальное число резисторов.

7. Определить сопротивление цепи (см. рис.), составленной из резисторов сопротивлением 10 Ом каждый.



8. К сети с напряжением 120 В присоединяют два резистора. При их последовательном соединении сила тока в цепи 3 А , а при параллельном соединении — 16 А . Чему равны сопротивления резисторов?

9. ЭДС источника 12 В . Какую работу совершают сторонние силы при перемещении 50 Кл электричества внутри источника от одного полюса к другому?

10. ЭДС батарейки $1,5 \text{ В}$, а внутреннее сопротивление $0,5 \text{ Ом}$. Три такие батарейки, соединенные последовательно, обеспечивают работу фонарика, лампочка которого имеет сопротивление 19 Ом . Найдите силу тока в цепи, напряжение на лампочке и падение напряжения внутри батареек.

11. На участок цепи подали напряжение 5 В , и сила тока в нем составила 3 А . Когда напряжение повысили до 8 В , сила тока возросла до 4 А . Найдите сопротивление цепи. Содержит ли участок источник (если содержит, то определите его ЭДС)?

12. Определите заряд на обкладках конденсатора на схеме (см. рис.).

13. Вольтметр с очень большим сопротивлением подключен к источнику ЭДС. Когда параллельно вольтметру подключили резистор сопротивлением 15 Ом, показания вольтметра уменьшились в 1,2 раза. Определите внутреннее сопротивление источника.

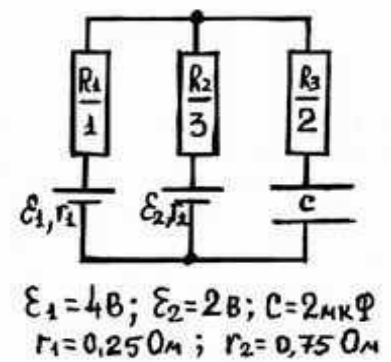
14. К источнику тока последовательно подсоединили вольтметр сопротивлением 100 Ом и резистор сопротивлением 2 Ом. Если резистор заменить куском провода с пренебрежимо малым сопротивлением, то показания вольтметра изменяются на 1 В. Найти ЭДС источника тока, если сила тока короткого замыкания данного источника равна 10 А.

15. ЭДС источника тока 5 В, внутреннее сопротивление 0,5 Ом. Найти падение напряжения во внешней цепи сопротивлением 1 Ом, подключенной к данному источнику.

16. Найти работу тока в течении 1 мин и мощность тока, если: а) сопротивление цепи 2 Ом, сила тока 100 мА; б) сила тока 5 А, а напряжение на концах цепи 0,1 кВ; в) сопротивление цепи 0,1 кОм, а напряжение 100 В.

17. Для составления елочной гирлянды взяли десять лампочек мощности 2 Вт, рассчитанных на напряжение 4 В. Сколько и каким образом нужно добавить лампочек той же мощности, рассчитанных на напряжение 8 В, если гирлянду собираются включить в сеть напряжением 120 В?

18. Электрический чайник имеет две обмотки. При включении одной из них вода закипает через 12 мин, при включении второй такое же количество воды закипает за 24 мин. Через сколько времени



закипит вода в чайнике, если включить обе обмотки параллельно? Последовательно? Потерями тепла пренебречь.

19. Последовательная цепь, состоящая из двух конденсаторов емкостью 100 мкФ каждый и двух резисторов сопротивлениями 200 Ом и 300 Ом соответственно, разомкнута. Один конденсатор заряжен до напряжения 100 В . Какое количество тепла выделится на каждом резисторе после замыкания цепи?

20. При поочередном замыкании источника тока на резисторы с сопротивлениями 2 Ом и 18 Ом во внешней цепи выделяется одинаковая мощность. Найти внутреннее сопротивление источника тока.