

ПОСТОЯННЫ

Й

ТОК

СОДЕРЖАНИЕ

1. Постоянный ток. Сила тока.

Условия, необходимые для возникновения тока.

2. Закон Ома для участка цепи без ЭДС.

Сопротивление проводника. Зависимость сопротивления от материала, длины, площади поперечного сечения проводника и температуры.

3. Электродвижущая сила.

4. Электрические цепи. Последовательное и параллельное соединения проводников.
5. Закон Ома для полной цепи.
6. Решение задач на законы Ома.
7. Соединение одинаковых источников электрической энергии в батарею.
8. Работа и мощность постоянного тока.
9. Закон Джоуля-Ленца.
10. Решение задач на работу и мощность постоянного тока и тепловое действие тока.



**Постоянный ток. Сила тока.
Условия, необходимые для
возникновения тока.**

Если проводник поместить в электрическое поле, подвижные носители зарядов в проводнике начнут перемещаться направленно под действием сил поля.

Направленное движение свободных зарядов в проводнике под действием сил поля называется электрическим током проводимости или электрическим током.

Носители тока

В металлах - свободные электроны

В электролитах - положительные и отрицательные ионы

В газах - ионы и электроны

В полупроводниках - электроны и дырки

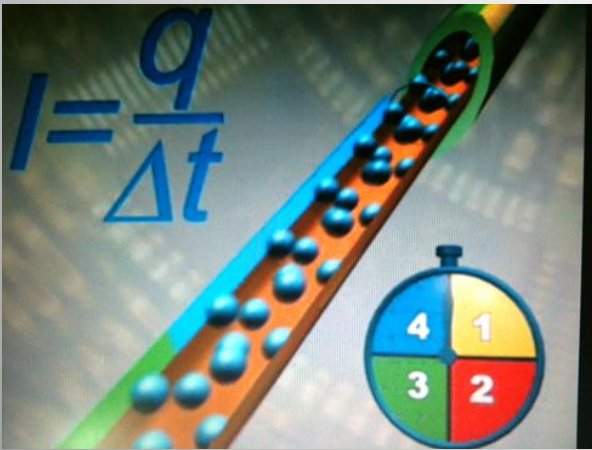
За положительное направление тока в технике принимают направление движения положительно заряженных частиц.

Положительные заряды при этом движутся от точек с большим потенциалом к точкам с меньшим потенциалом, а отрицательные - наоборот.

В металлах направление тока противоположно направлению движения электронов.

Основной количественной характеристикой тока является сила тока.

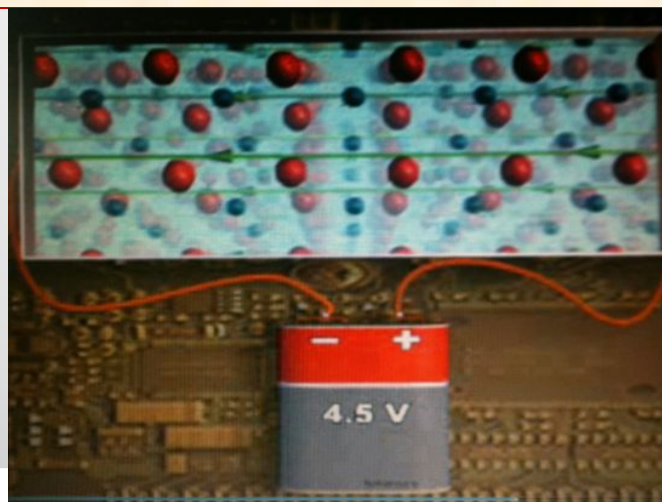
Сила тока измеряется отношением количеством электричества (заряда) q , прошедшего через поперечное сечение проводника за интервал времени Δt , к этому промежутку времени:



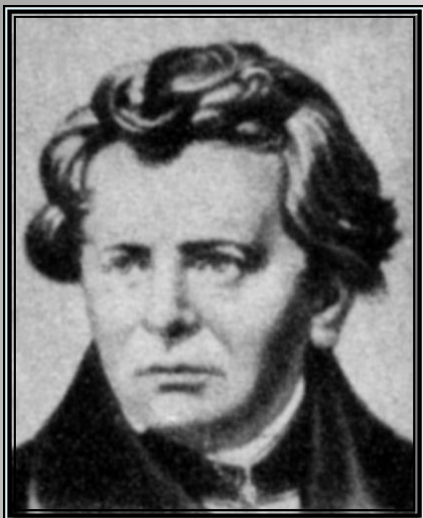
$$I = \frac{q}{\Delta t}$$

$$[I] = \frac{1 \text{ Кл}}{1 \text{ с}} = 1 \text{ А}$$

Для возникновения и существования электрического тока в любом веществе необходимо наличие свободных заряженных частиц и электрическое поле, чтобы создать направленное движение частиц. Постоянный электрический ток может быть создан только в замкнутой цепи.



**Закон Ома для участка цепи
без ЭДС. Сопротивление
проводника. Зависимость
сопротивления от материала,
длины, площади поперечного
сечения проводника и
температуры.**



Немецкий физик Г. Ом в 1826 году экспериментально установил, что сила тока I , текущего по металлическому проводнику, пропорциональна напряжению U на концах проводника:

$$I = gU$$

Коэффициент пропорциональности g называется проводимостью участка цепи. Он выражает зависимость силы тока в проводнике от его рода, размеров и внешних условий.

$$[g] = \frac{I}{U} = \frac{1A}{1B} = 1См(сименс)$$

На практике используют величину, обратную проводимости. Она называется электрическим сопротивлением:

$$R = \frac{1}{g}$$

Тогда

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

Это уравнение выражает закон Ома для участка цепи без ЭДС: *сила тока на участке цепи без ЭДС прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.*

$$[R] = \frac{1B}{1A} = 1 \text{ Ом}$$

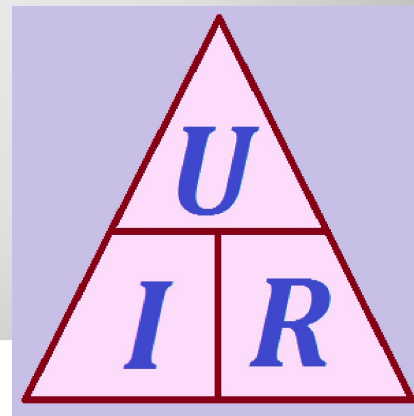
Для измерения больших сопротивлений используют следующие единицы измерения:

1 килоом (кОм)=1000 Ом,

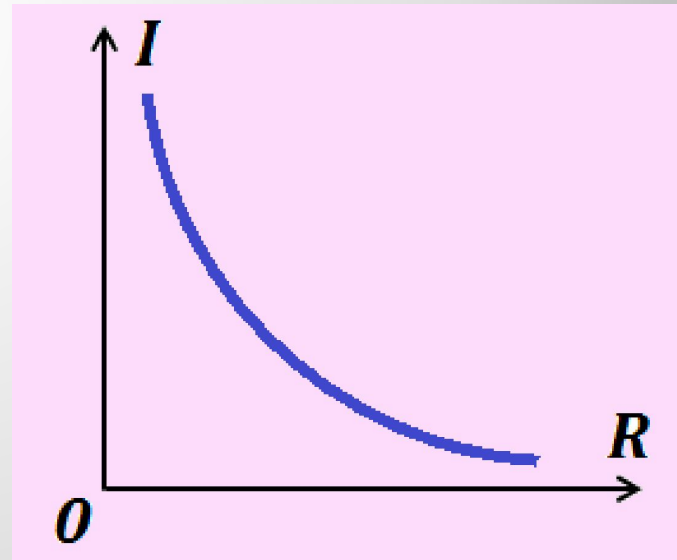
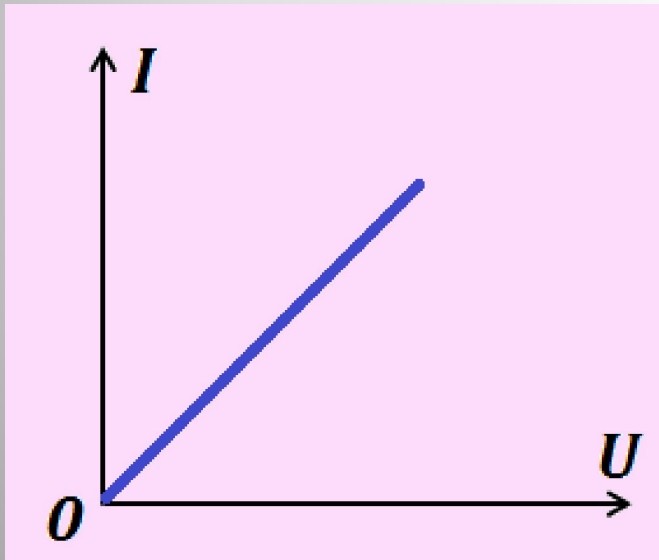
1 мегаом (Мом)=1 000 000 Ом

Измеряют сопротивление омметрами.

«Магический треугольник»
закона Ома для участка
цепи:



Графические зависимости силы тока I от напряжения U (*вольт - амперная характеристика*) и от сопротивления R в соответствии с законом Ома представлены на рисунках:



Перепишем закон Ома следующим образом:

$$U = IR$$

Произведение IR называется *падением напряжения* на участке цепи.

Опытами установлено, что *при постоянной температуре сопротивление проводника прямо пропорционально его длине, обратно пропорционально площади его поперечного сечения и зависит от материала, из которого сделан проводник:*

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

где ρ – удельное сопротивление, зависящее от рода вещества. Оно показывает каким сопротивлением обладает 1 м проводника с площадью поперечного сечения 1 м^2

В СИ единица измерения удельного сопротивления

$$[\rho] = \frac{1 \text{ Ом} \cdot 1 \text{ м}^2}{1 \text{ м}} = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Удельное сопротивление проводника зависит и от температуры:

$$\rho_t = \rho_0 (1 + \alpha t^0)$$

α - называется температурным коэффициентом сопротивления.

У проводников первого рода (металлов) $\alpha > 0$, у проводников второго рода (электролитов) $\alpha < 0$.

ρ_0 - удельное сопротивление проводника при 0°C .

Формулу для расчёта сопротивления R_t проводников при различных температурах можно получить, подставляя значение ρ_t в формулу:

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

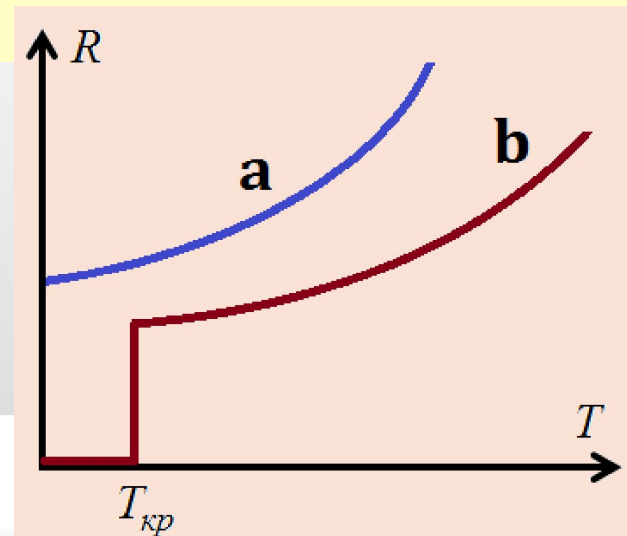
Получим:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t^\circ)$$

При понижении температуры до температур, близких к абсолютному нулю, сопротивление металлов скачкообразно уменьшается практически до нуля.

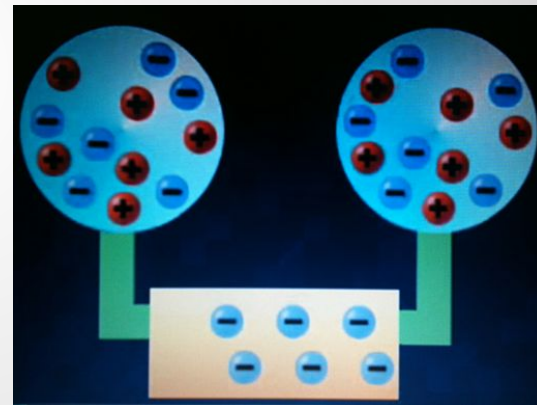
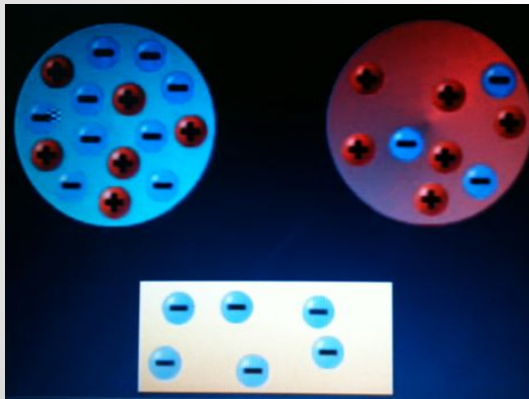
Такое явление было названо *сверхпроводимостью*. Оно было открыто голландским учёным *Камерлинг - Оннесом* в 1911 году.

a – нормальный металл,
b – сверхпроводник

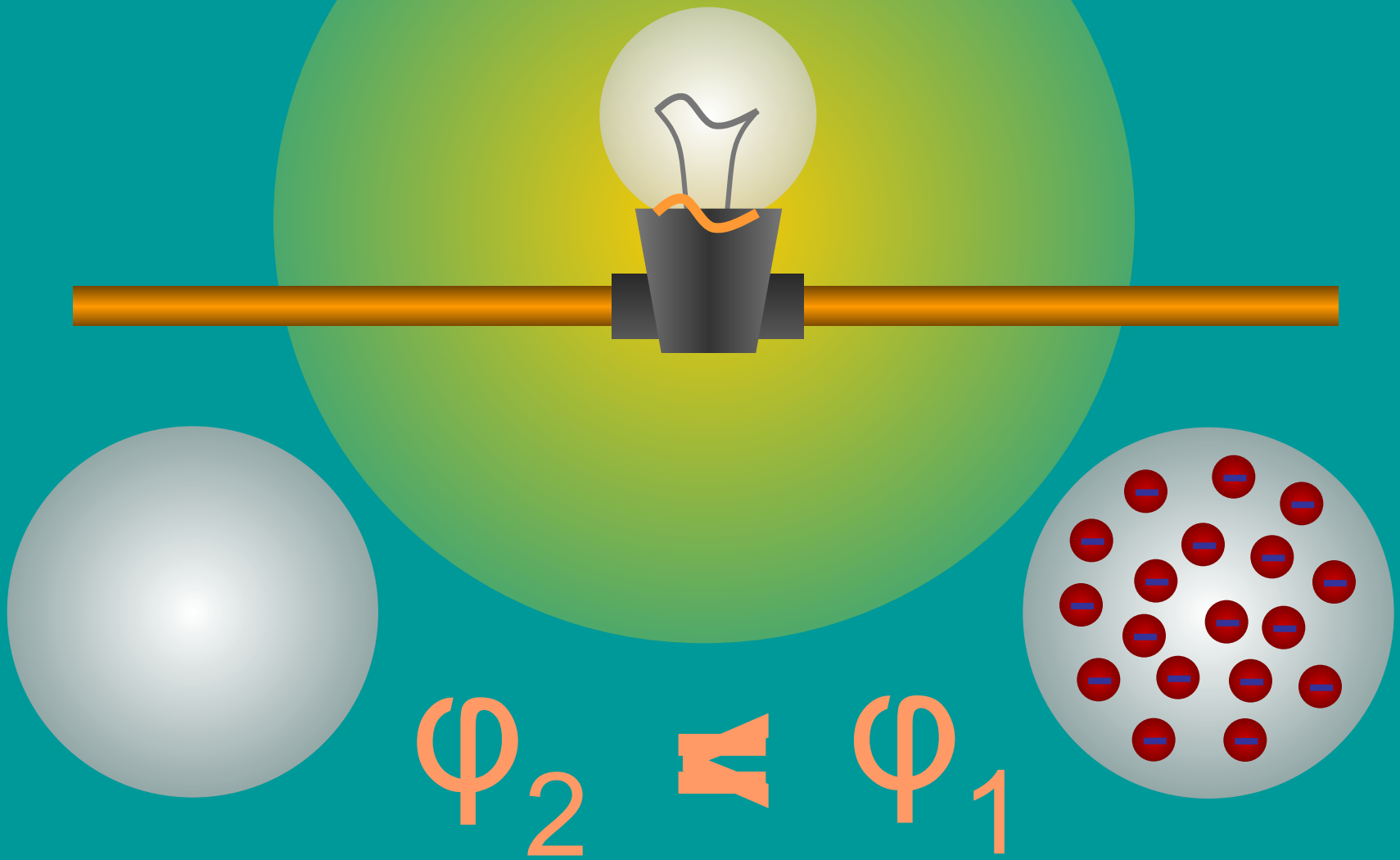


Электродвижущая сила.

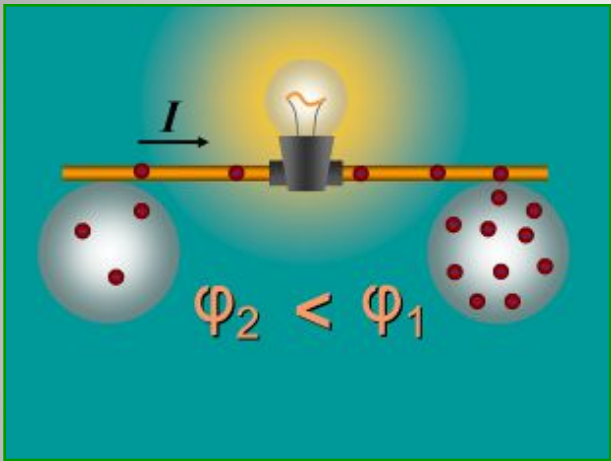
Если два металлических шарика, несущих заряды противоположных знаков, соединить металлическим проводником, то под влиянием электрического поля этих зарядов в проводнике возникает электрический ток.



Но этот ток будет кратковременным. Как только потенциалы шариков станут одинаковыми электрическое поле исчезнет.



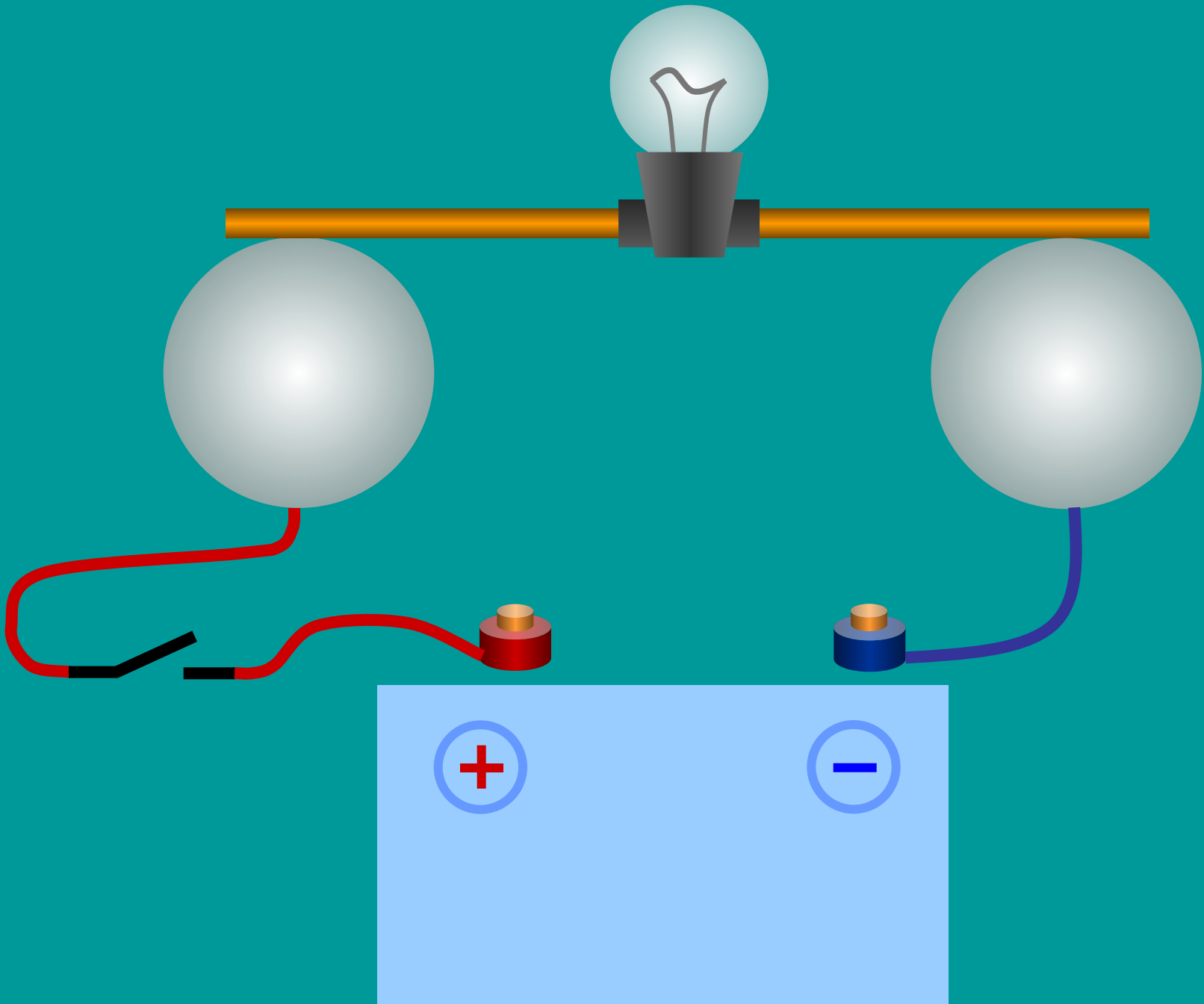
Что нужно сделать, чтобы лампочка горела непрерывно?

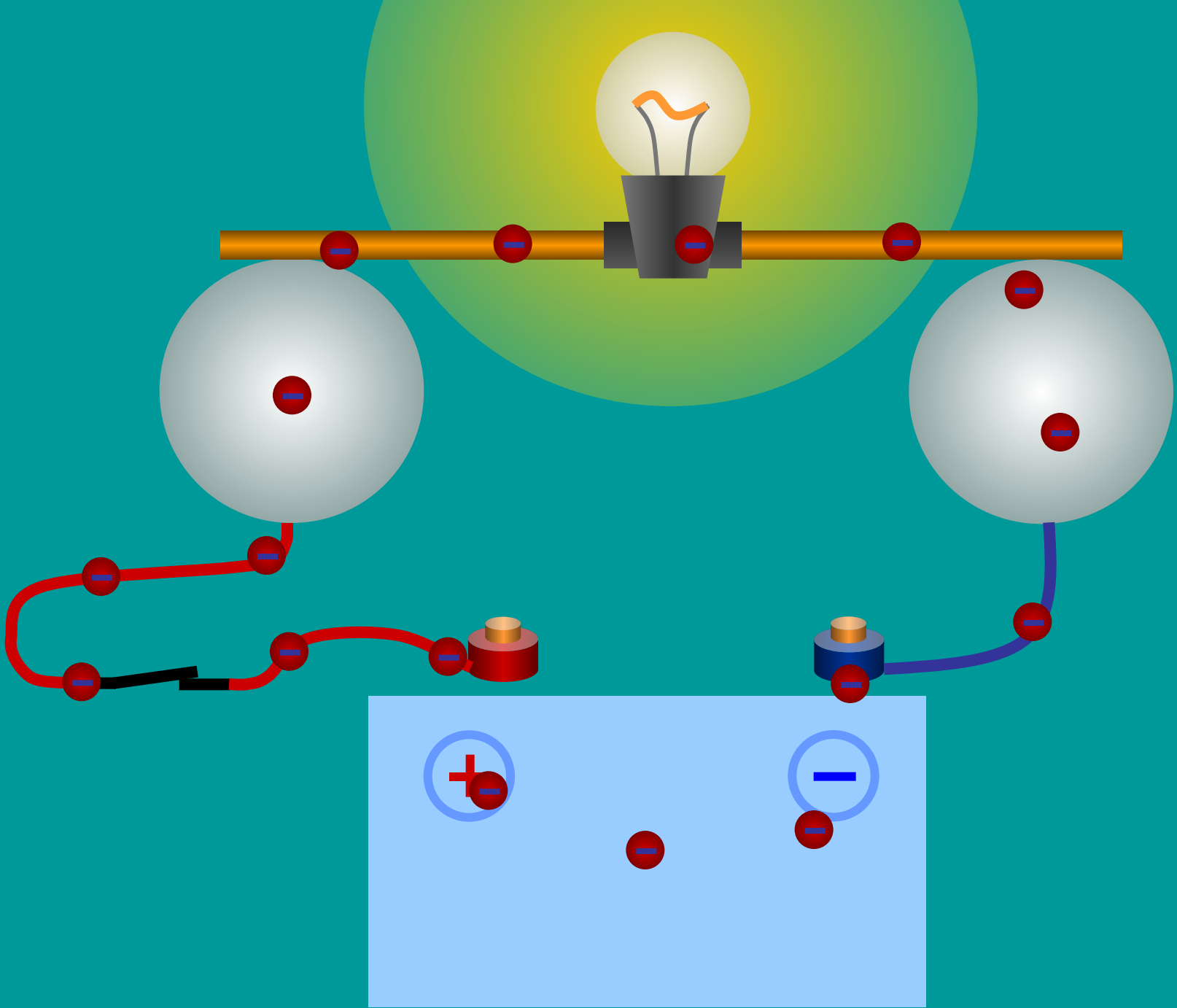


Для этого необходимо на ее контактах поддерживать разность потенциалов.

С помощью какого устройства это можно осуществить?

С помощью источника тока

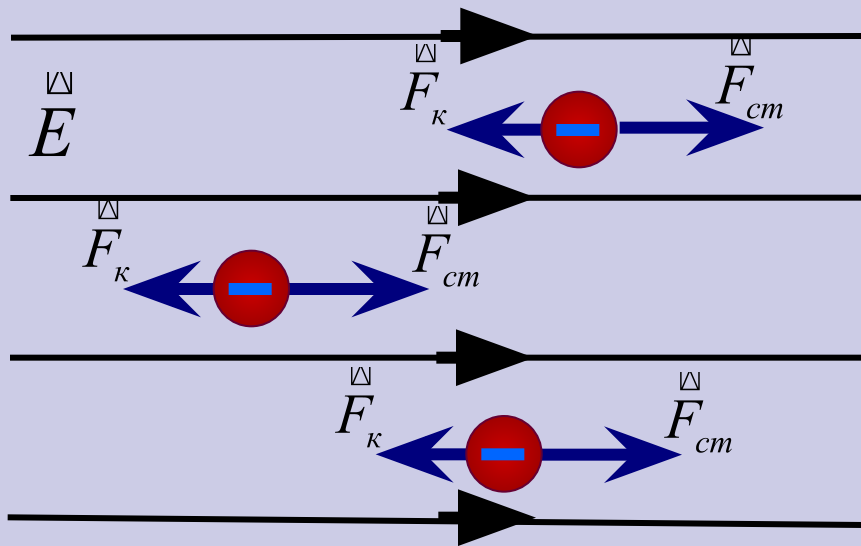




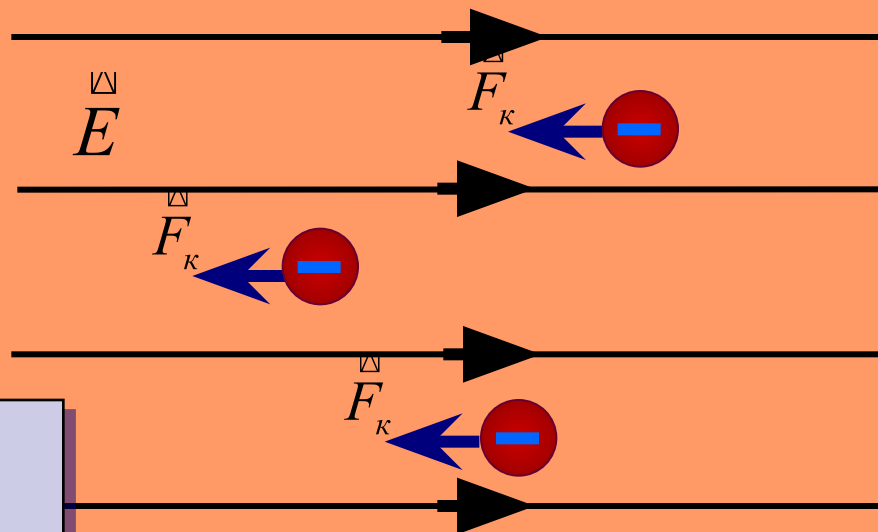
**Под действием каких сил
движутся электроны по
замкнутой цепи?**

На внешнем и
внутреннем участках
на них действует
кулоновская сила

Внутренний участок



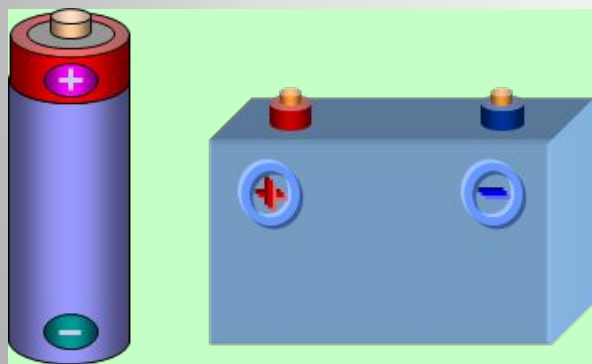
Внешний участок



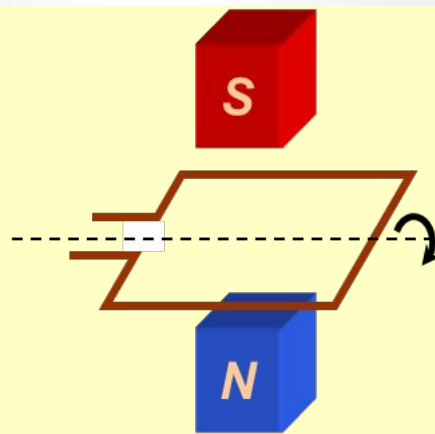
Здесь, кроме
кулоновской, на
электроны действуют
в противоположном
сторонние силы,
заставляя их двигаться
в противоположном
направлении

Сторонние силы – это силы, действующие на заряженные частицы, не электрического происхождения.

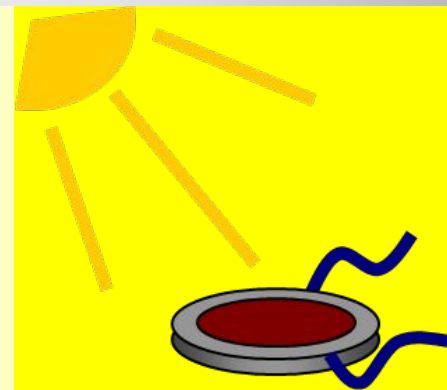
Природа происхождения таких сил может быть разной, например:



**химические
реакции**



**механическая и энергия
магнитного поля**



**солнечная
энергия**

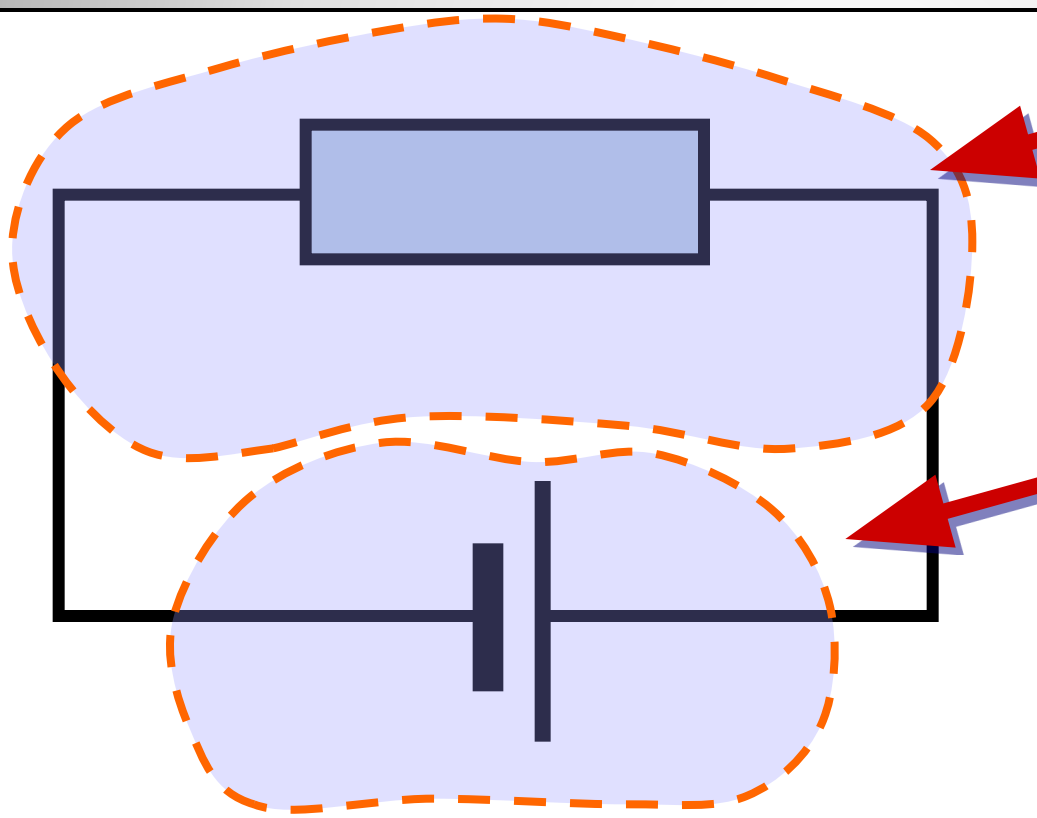
Действие сторонних сил характеризуется физической величиной – электродвижущей силой (ЭДС).

Сторонние силы, перемещая заряды внутри источника, совершают работу, которую называют работой сторонних сил.

ЭДС – физическая величина, численно равная отношению работы сторонних сил по перемещению заряда внутри источника к величине этого заряда:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q} \quad [\mathcal{E}] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ В}$$

Лампочка, замкнутая на источник тока с помощью соединительных проводов, и источник тока составляют *полную электрическую цепь*.
Она состоит из



ВНЕШНЕГО
(нагрузка)

И

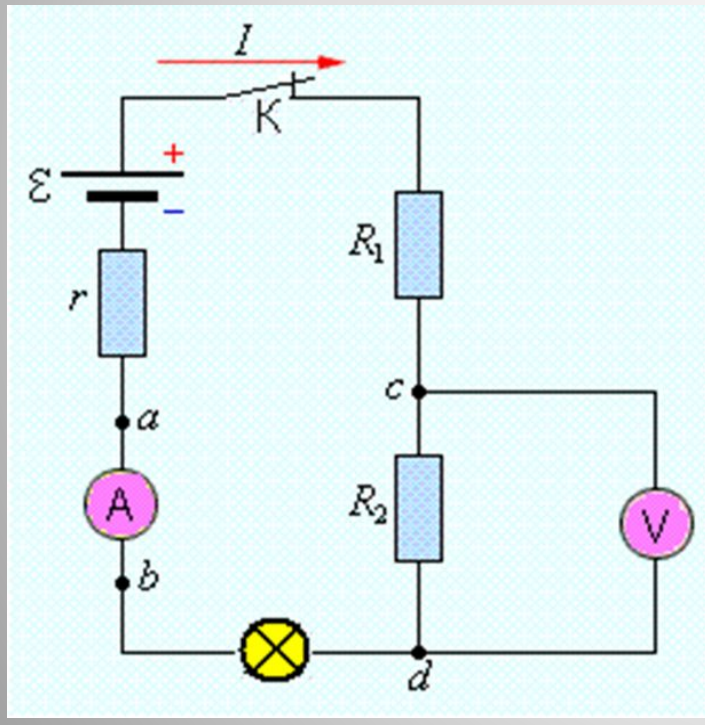
ВНУТРЕННЕГО
(источник тока)
участков

Итак, участки, на которых не действуют сторонние силы (т. е. участки, не содержащие источников тока), называются *внешними*. Участки, состоящие только из источников тока, называются *внутренними*.



**Электрические цепи.
Последовательное и
параллельное соединения
проводников.**

Для передачи энергии от источника тока к потребителям этой энергии с помощью соединительных проводов составляют *электрическую цепь*.

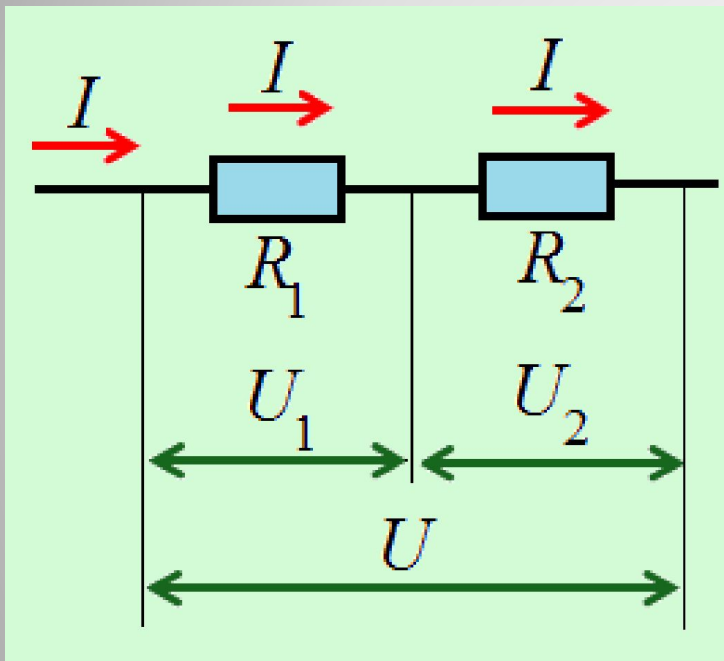


Основным элементом цепи является источник тока, а все остальные элементы называются *вспомогательными*.

Элементы цепи соединяются между собой

последовательно, параллельно или смешанно

1. Последовательное соединение проводников.



$$I_1 = I_2 = I$$

$$U_1 + U_2 = U$$

$$U_1 = IR_1$$

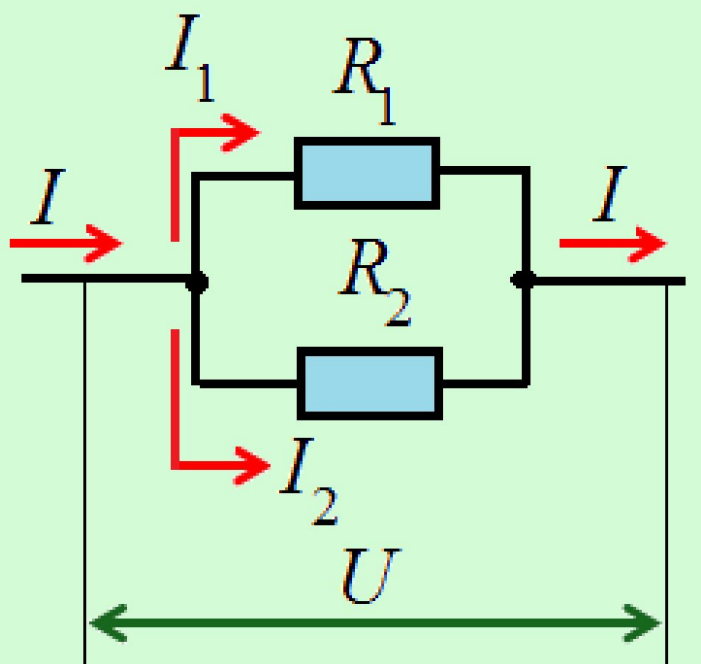
$$U_2 = IR_2$$

$$U = IR$$

$$IR = IR_1 + IR_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

2. Параллельное соединение проводников.



$$U_1 = U_2 = U$$

$$I_1 + I_2 = I$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1}$$

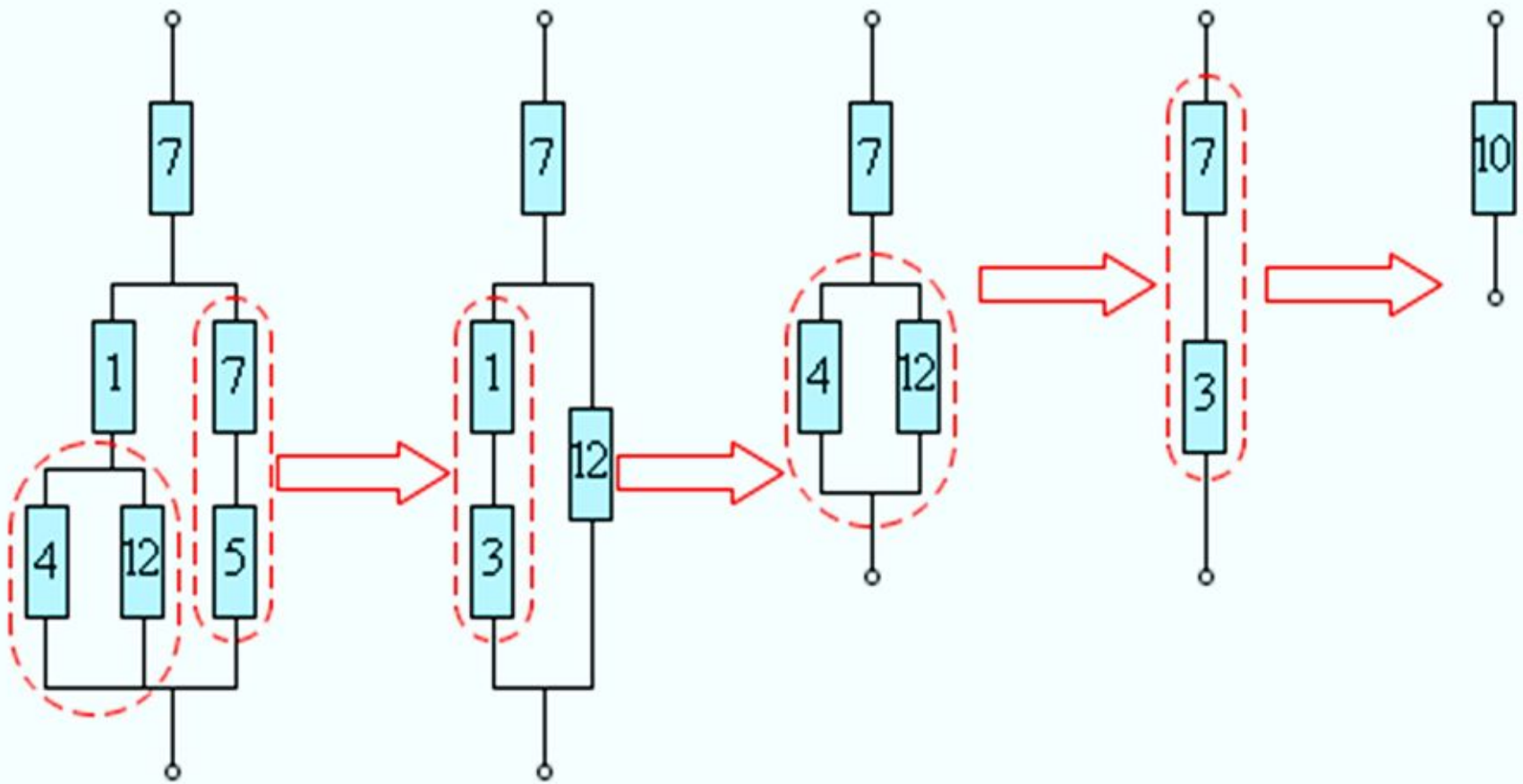
$$I_2 = \frac{U}{R_2}$$

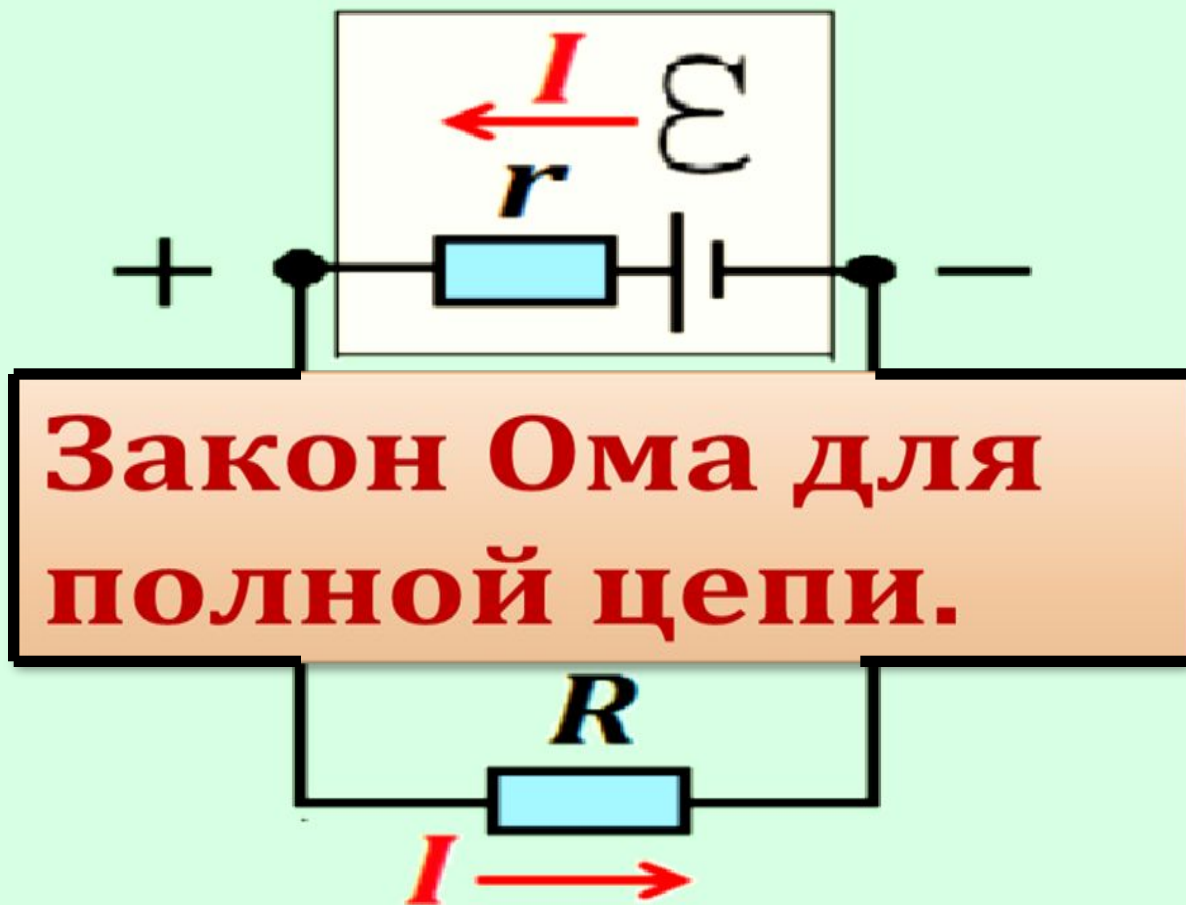
$$I = \frac{U}{R}$$

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

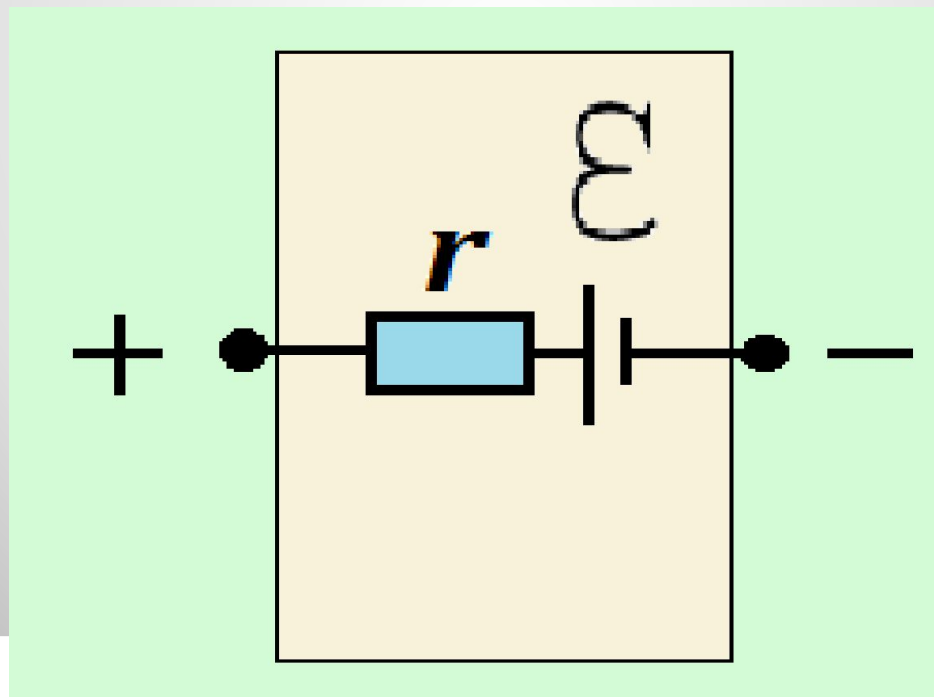
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

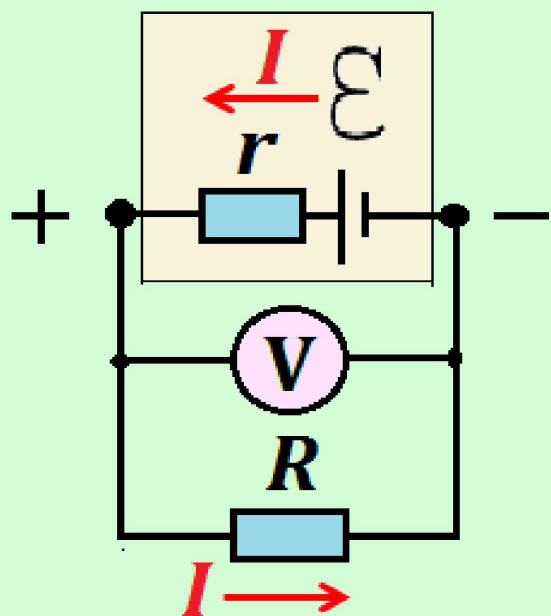
3. Пример расчёта сложной цепи





Источник электрической энергии является проводником и всегда имеет некоторое сопротивление, поэтому ток выделяет в нём тепло. Это сопротивление называется *внутренним сопротивлением* источника.





ЭДС ε численно равна энергии, полученной единичным электрическим зарядом во внутренней цепи, а напряжение U равно той энергии, которую он теряет во внешней цепи.

Кроме того, этот заряд теряет во внутренней цепи энергию Ir , которая идёт на выделение тепла в источнике электроэнергии.

По закону сохранения энергии сколько заряд получает еѐ, столько же теряет, пройдя всю цепь:

$$\mathcal{E} = U + Ir$$

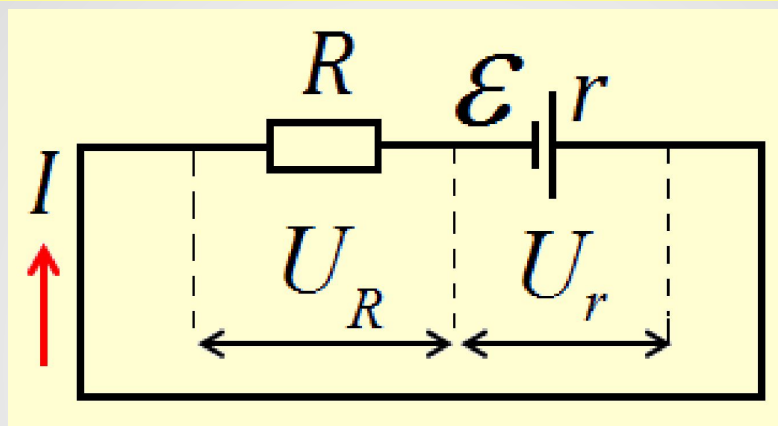
Так как $U = IR$, то $\mathcal{E} = IR + Ir$. Отсюда:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

-закон Ома для полной цепи

Сила тока в электрической цепи с источником ЭДС прямо пропорциональна ЭДС и обратно пропорциональна сумме сопротивлений внешней и внутренней цепей.

Частные случаи в работе полной электрической цепи:



$$\mathcal{E} = I(R + r) = IR + Ir = U_R + U_r$$

1. $R \gg r$, тогда $\mathcal{E} \approx U_R$

2. $R=0$, (короткое замыкание), тогда

$$I_{кз} = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

3. $R=\infty$ (обрыв цепи), тогда

$$\mathcal{E} \approx U_r$$

$$8 + 6 = 14$$

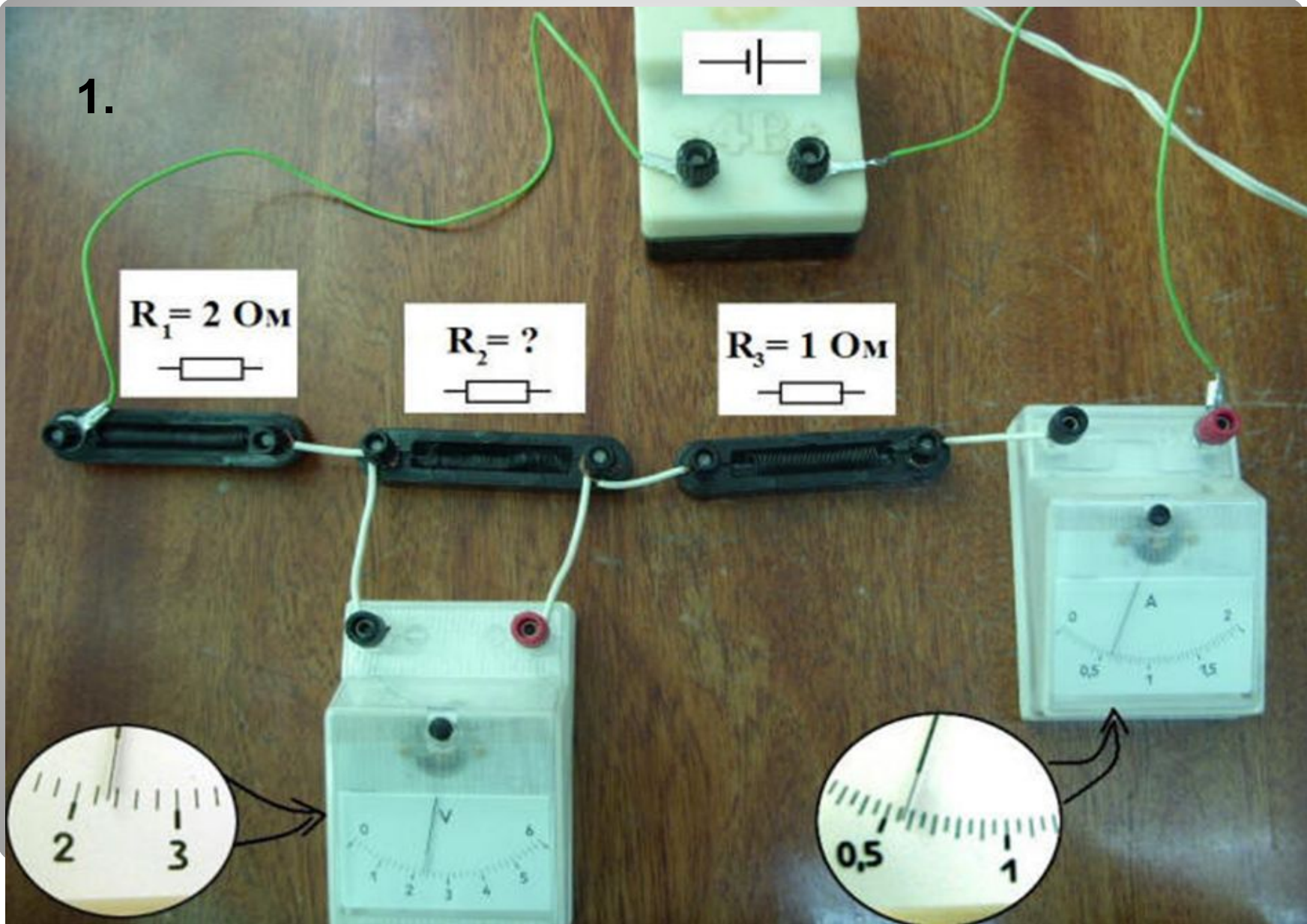
$$b = a + c$$

$$b_n = b_{n-1} - 1$$



Решение задач

1.



2. Общее сопротивление двух последовательно соединённых проводников $50\ \text{Ом}$, параллельно соединённых $12\ \text{Ом}$. Определите сопротивление каждого проводника.

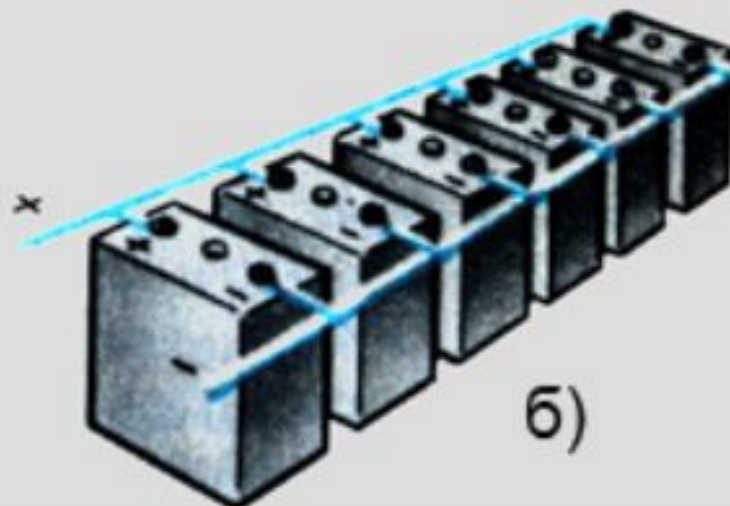
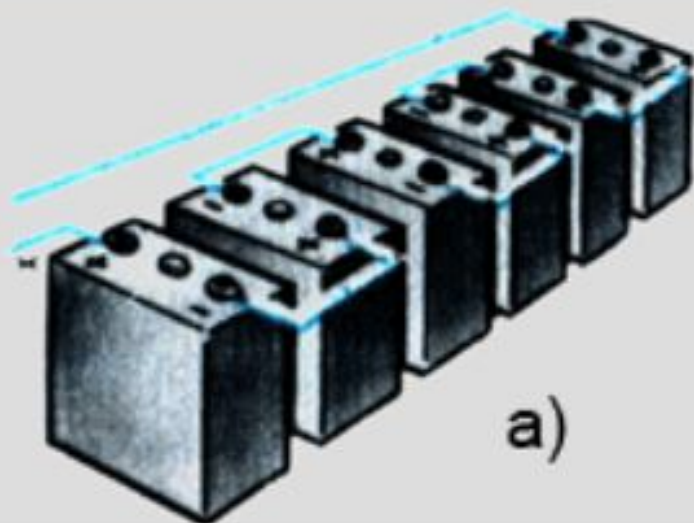
3. Аккумулятор с ЭДС $6\ \text{В}$ и внутренним сопротивлением $0,1\ \text{Ом}$ питает внешнюю цепь сопротивлением $12,4\ \text{Ом}$. Чему равно напряжение на внешнем сопротивлении?

4. Э.Д.С. источника тока $1,5\ \text{В}$. При замыкании источника сопротивлением $2\ \text{Ом}$ сила тока составляет $0,3\ \text{А}$. Определите силу тока короткого замыкания.

5. Как нужно выполнить электропроводку, чтобы одну лампочку можно было включать из двух мест?

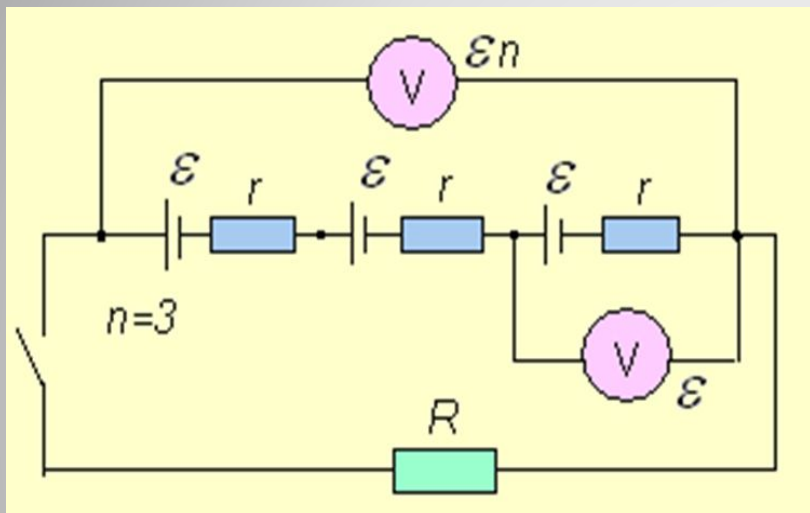
6. Составьте электрическую цепь так, чтобы две лампочки зажигались одновременно от одного выключателя.

7. Как надо соединить четыре одинаковых резисторов по 60 Ом, чтобы общее сопротивление составило:
а) 45 Ом; б) 60 Ом; в) 80 Ом; г) 150 Ом.



**Соединение одинаковых
источников электрической
энергии в батарею**

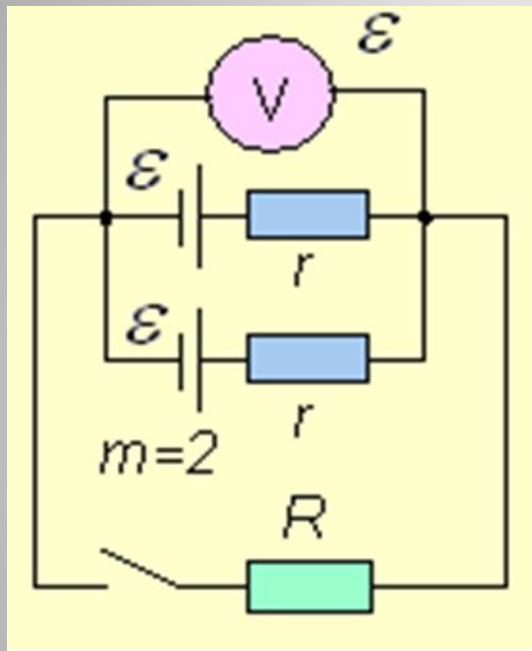
1. Последовательное соединение:



$$I = \frac{\mathcal{E}n}{R + rn}$$

Последовательное соединение элементов даёт значительное увеличение тока в том случае, когда внутреннее сопротивление одного элемента много меньше сопротивления внешней цепи R .

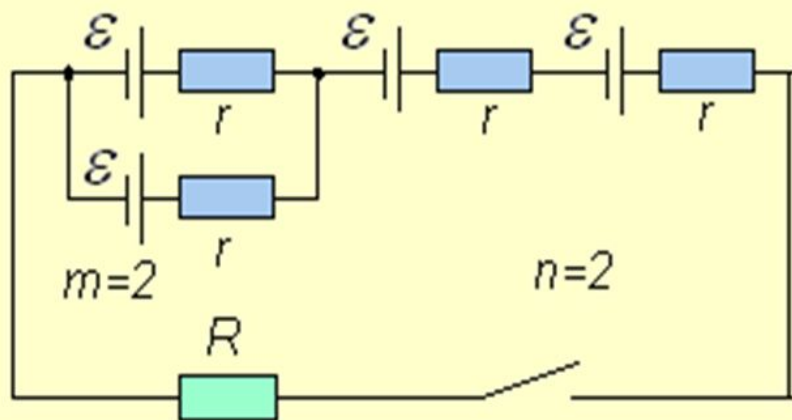
2. Параллельное соединение:



Параллельное соединение элементов даёт значительное увеличение тока в том случае, когда внутреннее сопротивление одного элемента много больше сопротивления внешней цепи R .

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

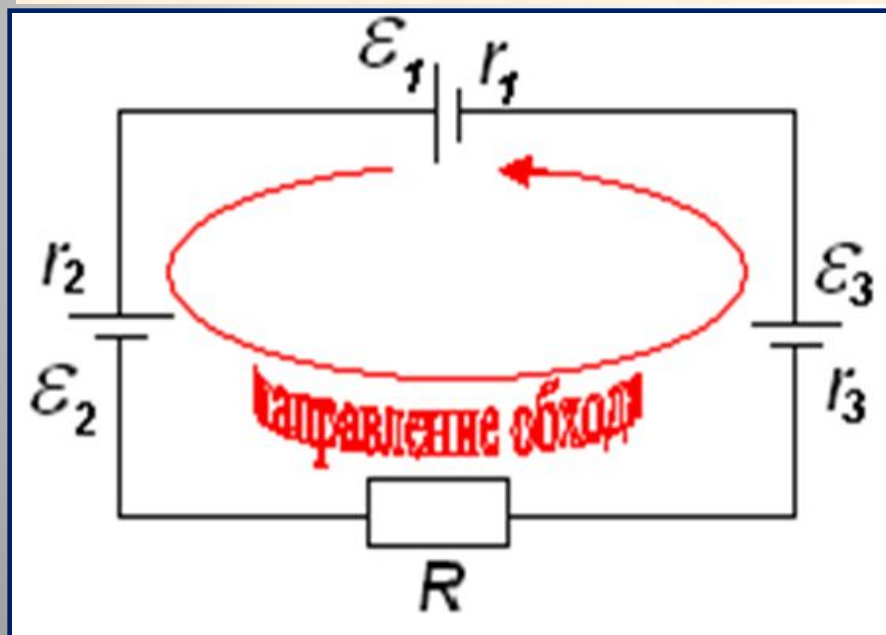
3. Смешанное соединение:



**В этом случае закон
Ома для всей цепи
имеет вид:**

$$I = \frac{\mathcal{E} + \mathcal{E}n}{R + \left(\frac{r}{m} + r \cdot n\right)} = \frac{\mathcal{E}(1+n)}{R + r\left(\frac{1+m \cdot n}{m}\right)}$$

Если цепь содержит несколько последовательно соединённых источников с **различными** ЭДС, то полная ЭДС цепи **равна алгебраической** сумме ЭДС отдельных источников:



$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3$$

$$R_{\text{ц}} = R + r_1 + r_2 + r_3$$



**Работа и
МОЩНОСТЬ
ПОСТОЯННОГО
ТОКА**

РАБОТА ТОКА- это работа электрического поля по переносу электрических зарядов вдоль проводника.

Работа тока на участке цепи равна произведению силы тока, напряжения и времени, в течение которого работа совершалась:

$$A = U \cdot I \cdot t$$

Применяя формулу закона Ома для участка цепи, запишем несколько вариантов формулы для расчета работы тока:

$$A = U \cdot I \cdot t = I^2 R \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

МОЩНОСТЬ ТОКА- отношение работы тока за время t к этому интервалу времени:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{U \cdot q}{t} = \frac{U \cdot I \cdot t}{t} = UI$$

В системе СИ мощность измеряется в ваттах:

$$[P] = 1\text{В} \cdot 1\text{А} = 1\text{Вт}$$

1 киловатт: 1 кВт=1000 Вт

1 мегаватт: 1 МВт=1 000 000 Вт

При прохождении тока по проводнику он нагревается, и происходит теплообмен с окружающей средой, т.е. проводник отдает теплоту окружающим его телам.

**По закону сохранения энергии:
работа равна изменению энергии участка цепи,
поэтому выделяемая проводником энергия
равна работе тока:**

$$Q = A = U \cdot I \cdot t = I^2 R \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА (1840)

Г.) Количество теплоты, выделяемое проводником с током в окружающую среду, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени прохождения тока по проводнику:

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

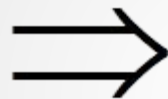
$$[Q] = [A] = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с} = \text{Вт} \cdot \text{с} = 1 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3\,600\,000 \text{ Дж}$$

Для участка цепи с двумя последовательно соединенными проводниками, имеющих сопротивления R_1 и R_2

$$Q_1 = I^2 \cdot R_1 \cdot t$$

$$Q_2 = I^2 \cdot R_2 \cdot t$$



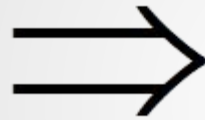
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Количество теплоты, выделяемое электрическим током на отдельных участках при последовательном соединении, прямо пропорционально сопротивлениям этих участков.

При параллельном соединении закон Джоуля – Ленца для каждого потребителя с сопротивлениями R_1 и R_2 можно записать:

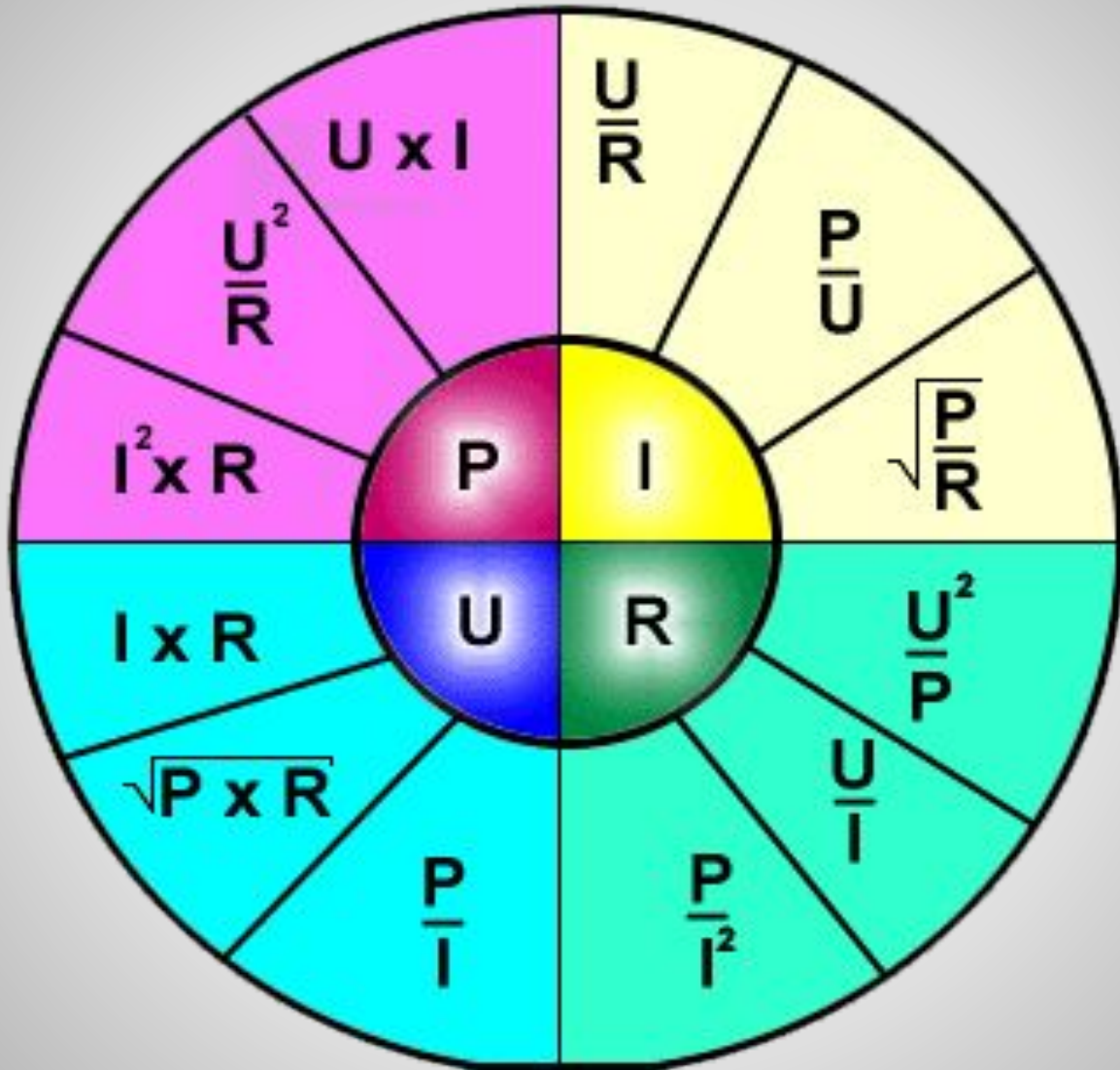
$$Q_1 = \frac{U^2}{R_1} \cdot t$$

$$Q_2 = \frac{U^2}{R_2} \cdot t$$



$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Количество теплоты, выделенное током в параллельно соединённых участках цепи, обратно пропорционально сопротивлениям этих участков.



$$8 + 6 = 14$$

$$b = a + c$$

$$b_n = b_{n-1} - 1$$



Решение задач

- 1. По спирали электролампы проходит 540 Кл электричества за каждые 5 мин. Чему равна сила тока в лампе?**
- 2. При электросварке сила тока достигает 200 А. Какой электрический заряд проходит через поперечное сечение электрода за 1 мин?**
- 3. При прохождении одинакового количества электричества в одном проводнике совершена работа 100 Дж, а в другом - 250 Дж. На каком проводнике напряжение больше? Во сколько раз?**

4. Определите напряжение на участке цепи, если при прохождении по нему заряда в 15 Кл током была совершена работа 6 кДж.

5. При переносе 60 Кл электричества из одной точки электрической цепи в другую за 12 мин совершена работа 900 Дж. Определите напряжение и силу тока в цепи.

**БУДЬТЕ ОСТОРОЖНЫ ПРИ
ОБРАЩЕНИИ С ТОКОМ!**

