3.2 Законы постоянного тока

3.2.1 Условия, необходимые для возникновения и поддержания электрического тока.

3.2.2 Закон Ома для участка цепи. Зависимость электрического сопротивления от материала, длины и площади поперечного сечения проводника, от температуры

3.2.3 Электродвижущая сила источника тока.

3.2.4 Закон Ома для полной цепи. Соединение проводников.

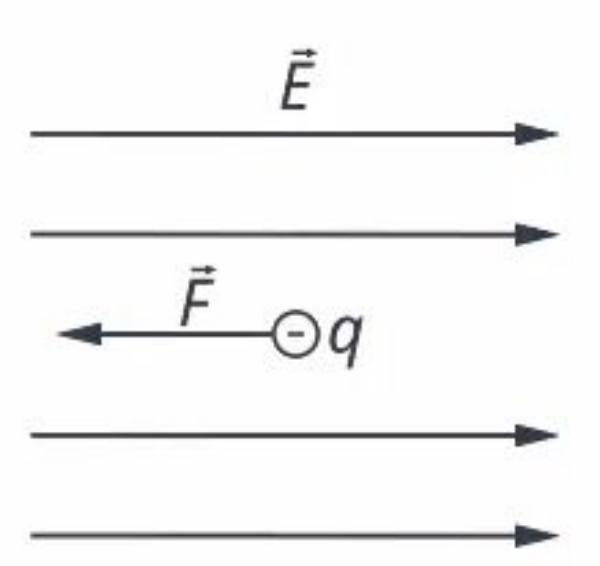
3.2.5 Закон Джоуля—Ленца. Работа и мощность электрического тока

Электрический ток – упорядоченное движение заряженных частиц.

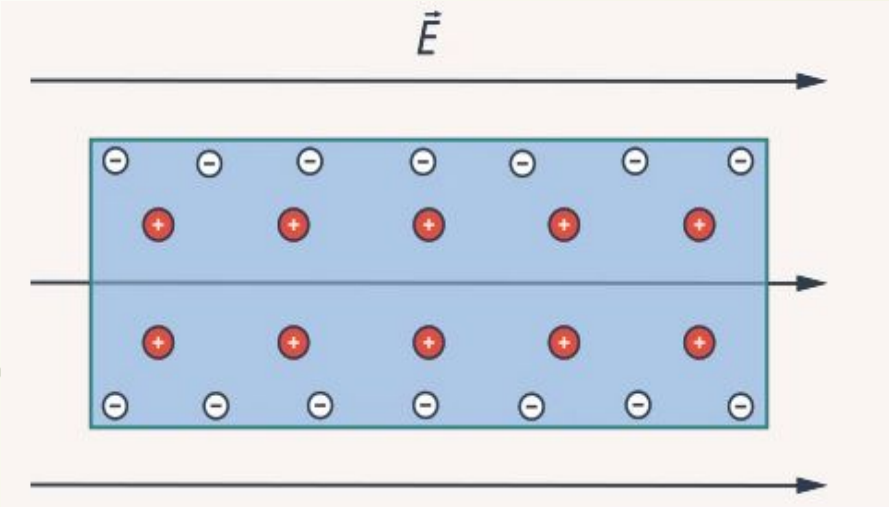
<u>Условие существования электрического тока:</u>

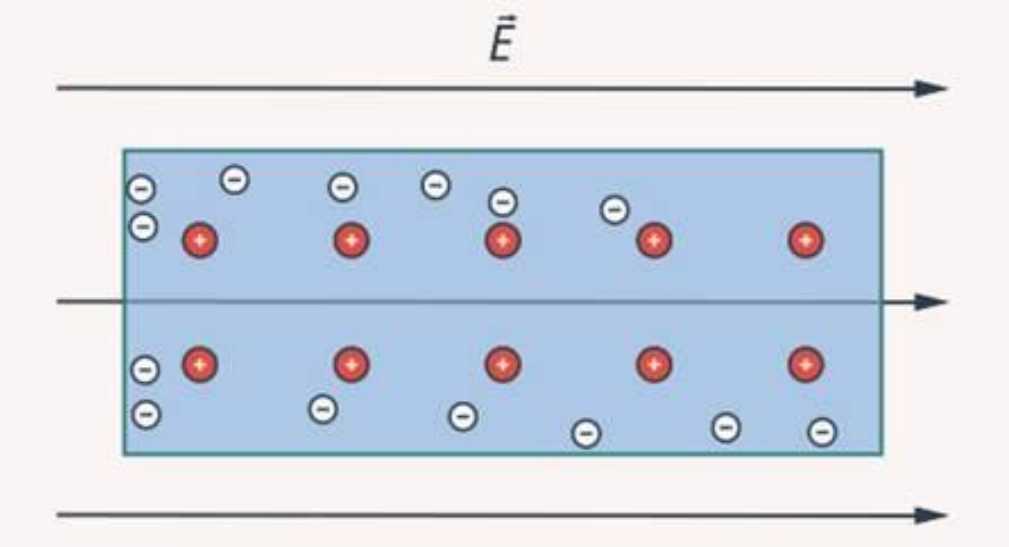
1. Наличие свободных частиц, способных передвигаться. В проводниках такими носителями тока являются свободные электроны.

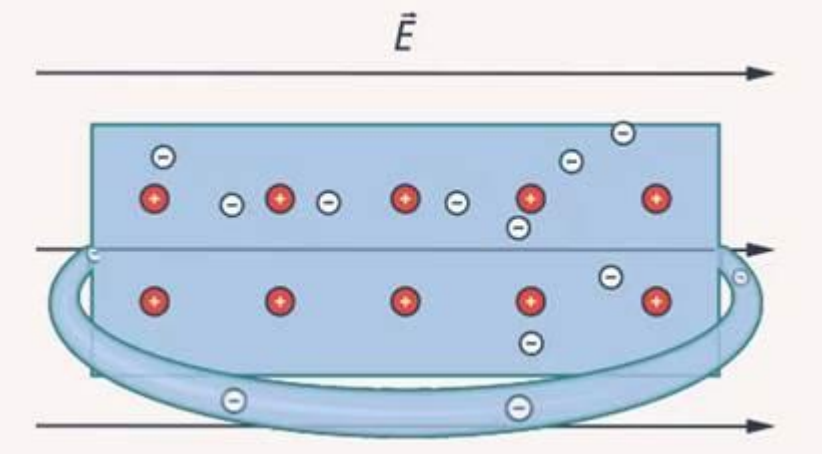
Электрический заряд взаимодействует с электрическим полем, и на него действует сила $\vec{F} = q\vec{E}$, которая заставляет заряд двигаться.



2. Наличие электрического поля в проводнике, которое характеризуется потенциалом в каждой точке или разностью потенциалов между двумя точками.





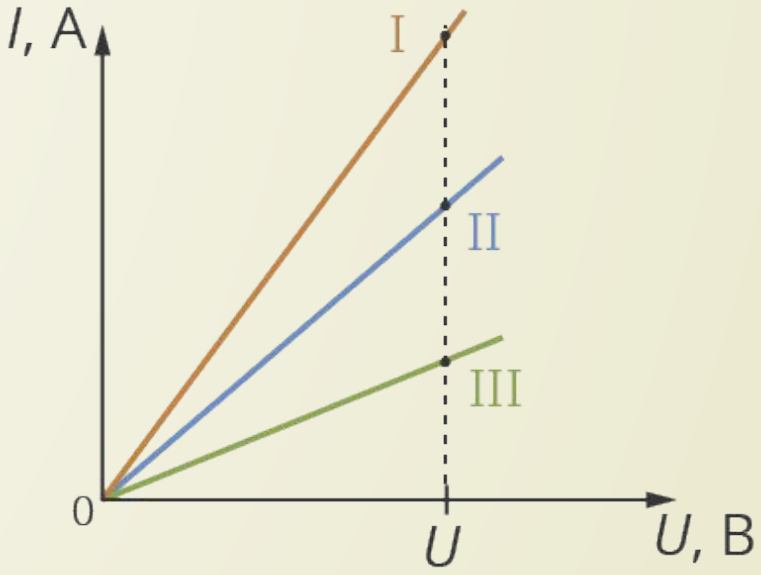


3. Электрическая цепь должна быть замкнута

Ток направлен в сторону уменьшения потенциалов (ток обусловлен движением положительных зарядов), а свободные электроны, соответственно, движутся в обратную сторону.

Опытным путем было показано, что, чем больше напряжение на участке, тем больше сила тока, проходящего через него.

Линейная связь силы тока с напряжением: увеличивая напряжение, увеличиваем и силу тока, это увеличение происходит прямо пропорционально: I~U



Для каждого проводника коэффициент пропорциональности разный.
Мера проводимости тока, различная для каждого из проводников называется **электрическим сопротивлением.**

[R] - Ом.

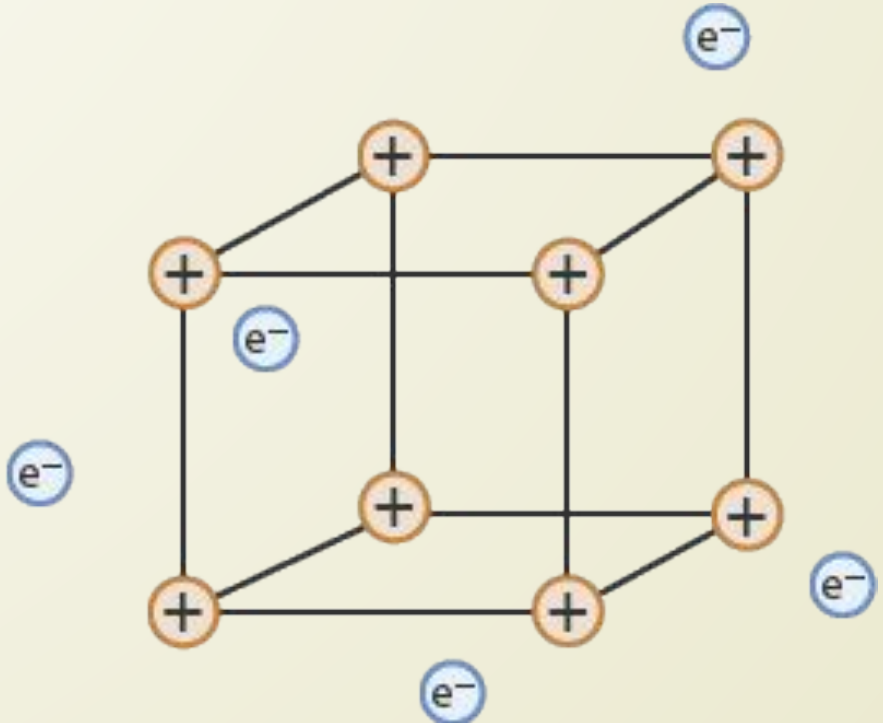
При одном и том же напряжении проводники с меньшим сопротивлением будут пропускать ток большей силы.

Закон Ома для участка цепи: сила тока для однородного проводника на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на этом участке и обратно пропорциональна сопротивлению проводника.

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

Сопротивление является главной характеристикой проводника.

Электроны, которые движутся в металле под действием электрического поля, не движутся в однородной среде, они постоянно взаимодействуют с узлами кристаллической решетки металла и атомами различных примесей, замедляясь. В перерывах между ударами они движутся равноускорено.



Проводники могут быть твердые, жидкие, газообразные, плазменные и во всех них существует свое электрическое сопротивление.
Сопротивление зависит только от свойств проводника, в частности, материала, геометрических размеров и температуры.

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

l – длина проводника; S – площадь поперечного сечения проводника;ρ – удельное сопротивление.

Чем проводник длиннее, тем его электрическое сопротивление больше, а чем площадь поперечного сечения проводника больше, тем электрическое сопротивление меньше.

Удельное сопротивление – табличная величина, характеризующая способность материала к сопротивлению, показывает, каким сопротивлением обладает проводник длиной 1 метр, площадь поперечного сечения которого составляет 1 м^2.

$$[\rho]=\text{Ом}\cdot\text{м}$$

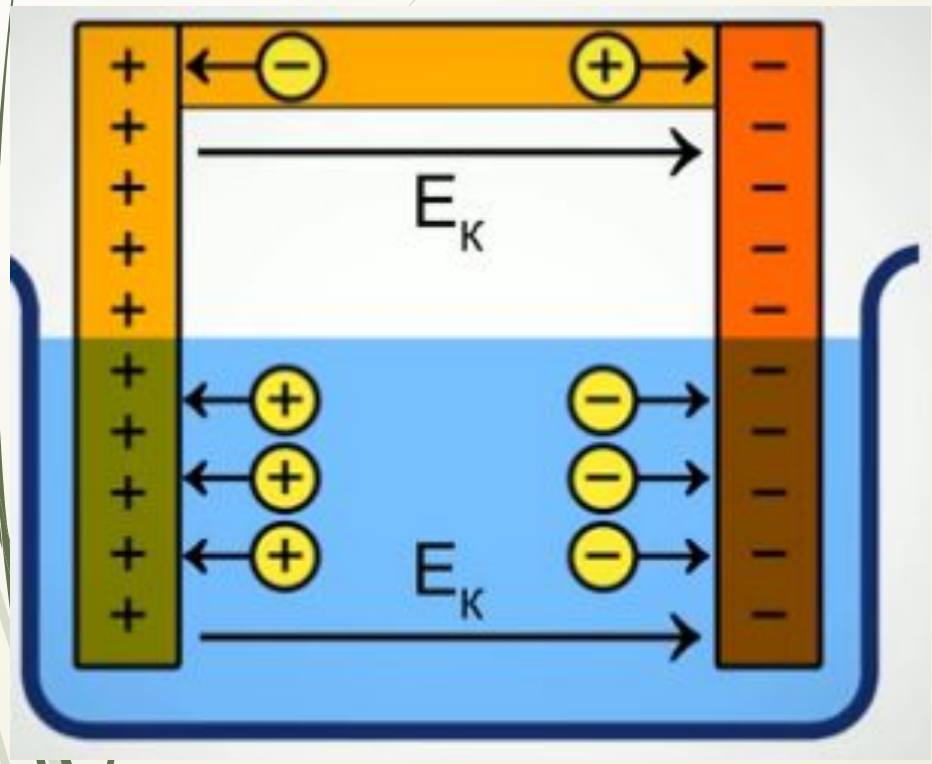
Вещество	ρ при 20° С
Проводники	**ρ (Ом · м)**
Серебро	$1{,}6\cdot10^{-8}$
Медь	$1{,}7\cdot10^{-8}$
Золото	$2{,}4\cdot10^{-8}$
Алюминий	$2{,}8\cdot10^{-8}$
Вольфрам	$5{,}5\cdot10^{-8}$
Платина	10^{-7}
Сталь	$2\cdot10^{-7}$
Манганин	$4{,}4\cdot10^{-7}$
Константан	$4{,}9\cdot10^{-7}$
Нихром	10^{-6}
Ртуть	$9{,}6\cdot10^{-6}$

Вещество	ρ при 20° С
Полупроводники	**ρ (Ом · м)**
Угдерод	$3{,}5\cdot10^{-5}$
Поваренная соль	0,044
Германий	0,5
Кровь	1,5
Жир	25
Кремний	2300
Изоляторы	**ρ (Ом · м)**
Полиэтилен	$10^{8}+10^{9}$
Дерево	$10^{8}+10^{11}$
Стекло	$10^{10}+10^{14}$
Янтарь	$5+10^{17}$
Кварц	$7{,}5+10^{17}$

Для длительного поддержания существования электрического тока необходим источник тока.
Кулоновские силы всегда стремятся свести разноименные заряды, выровняв тем самым потенциалы по всей цепи. Для наличия поля и тока необходима разность потенциалов.

Сторонние силы – силы неэлектрического происхождения, направленные на разведение зарядов.

Эти силы могут быть разной природы в зависимости от типа источника. В батареях они химического происхождения, в электрогенераторах – магнитного. Они-то и обеспечивают существование тока, так как работа электрических сил по замкнутому контуру всегда равна нулю.



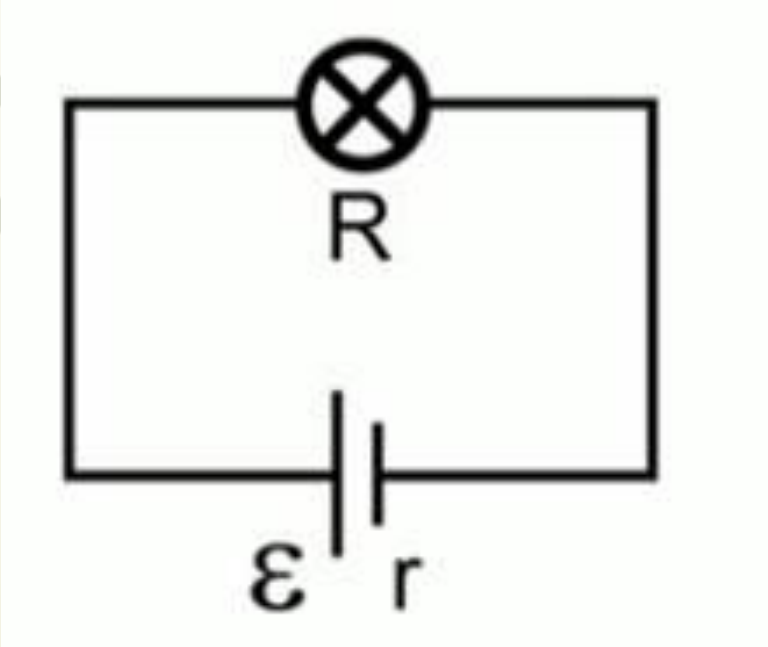
Вторая задача источников энергии – это восполнение потерь энергии на столкновении электронов с другими частицами, вследствие чего первые теряют кинетическую энергию, а внутренняя энергия проводника повышается.

Сторонние силы внутри источника выполняют работу против электрических сил, разводя заряды в стороны, противоположные их естественному ходу (как они движутся во внешней цепи)

Электродвижущая сила – отношение работы сторонних сил по перемещению заряда к величине этого заряда.

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{\mathrm{A}_{\text{стор}}}{\boldsymbol{q}}$$

Полная цепь – цепь, содержащая источник тока, или же цепь, содержащая ЭДС.



Внешняя цепь (участок полной цепи без источника) характеризуется своим сопротивлением – R. Источник характеризуется своей ЭДС, а также внутренним сопротивлением – r.

$$\boldsymbol{\varepsilon = U_1 + U}$$

U - напряжение, подаваемое во внешнюю цепь, U_1 - падение напряжения на источнике.

Внешняя цепь является участком цепи, поэтому для нее справедлив закон Ома: $I=\frac{U}{R} \Rightarrow U = IR$

Через источник проходит точно такой же ток, поэтому: $U_1 = Ir$

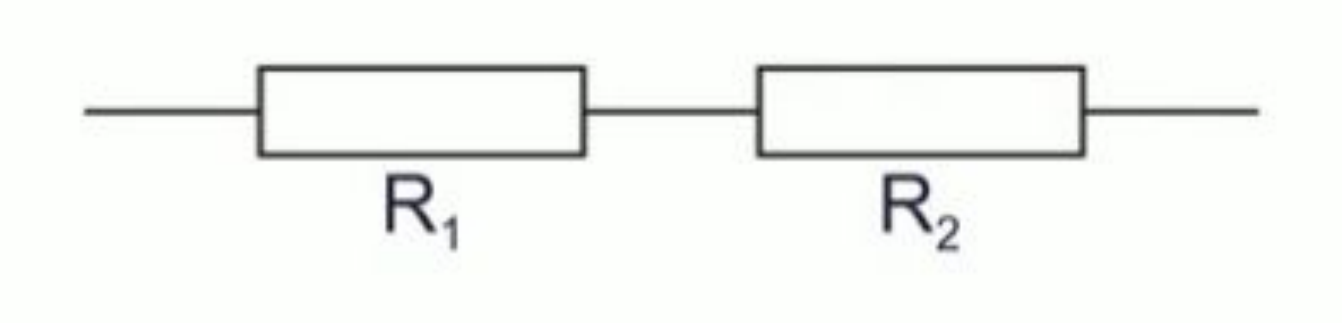
Поэтому, $\varepsilon = IR+Ir$ или :

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

Это **закон Ома для полной цепи**: Сила тока в цепи пропорциональна действующей в цепи ЭДС и обратно пропорциональна сумме сопротивлений цепи и внутреннего сопротивления источника.

1. Последовательное соединение проводников.

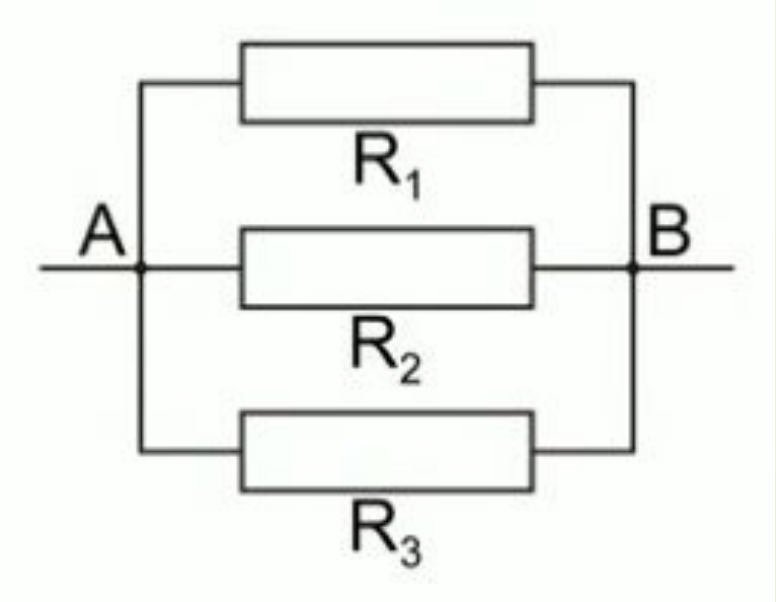
Последовательное соединение осуществляется подключением резисторов друг за другом без разветвления проводника



$$I = I_1 = I_2 = \cdots$$
$$U = U_1 + U_2 + \cdots$$
$$R = R_1 + R_2 + \cdots$$

2. Параллельное соединение

Параллельным называется соединение, при котором концы всех резисторов имеют общую точку – «узел»



$$U = U_1 = U_2 = \cdots$$

$$I = I_1 + I_2 + \cdots$$

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

Сила тока – количество заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника за единицу времени.

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

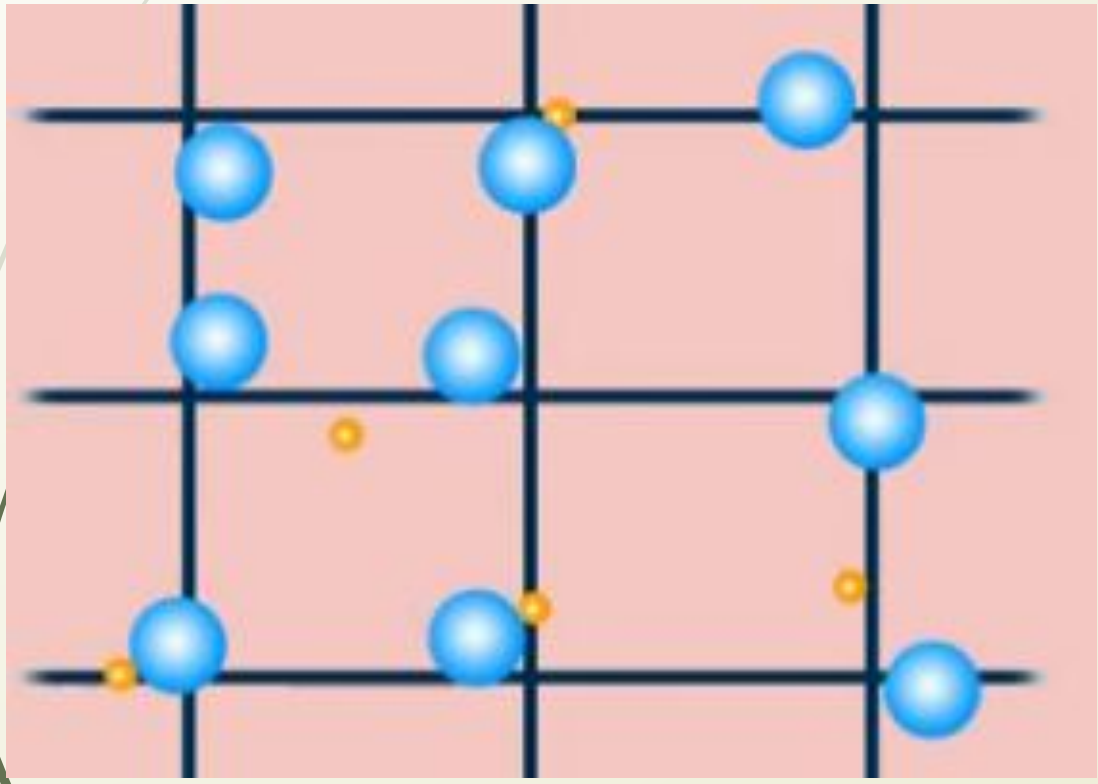
Работа тока – работа электрического поля по перемещению заряженных частиц.

Т.к **A=** $\Delta \mathbf{qU}$=>

$$A = IU\,\Delta t$$

Работа тока на участке цепи равна произведению силы тока, напряжения и времени, в течение которого шел ток.

При прохождении тока через проводник, проводник нагревается.
При протекании тока свободные электроны сталкиваются с узлами кристаллической решетки. При этих столкновениях электроны постоянно придают некоторую скорость узлам решетки.



Так как температура – мера теплового движения, в процессе «расталкивания» температура проводника повышается.
В том случае, когда работа тока не преобразуется в механическую или же ток не имеет химического действия, работа тока равна количеству теплоты, высвобождающегося в окружающую среду.

Закон Джоуля-Ленца:

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

Мощность – это работа, выполненная за единицу времени (скорость выполнения током работы):

$$\mathbf{P = \frac{A}{t}}$$

Единица измерения мощности – ватт:

$$[P] = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}$$

Т.к $A = IUt \Rightarrow P = \frac{IUt}{t} \Rightarrow \mathbf{P = IU}$