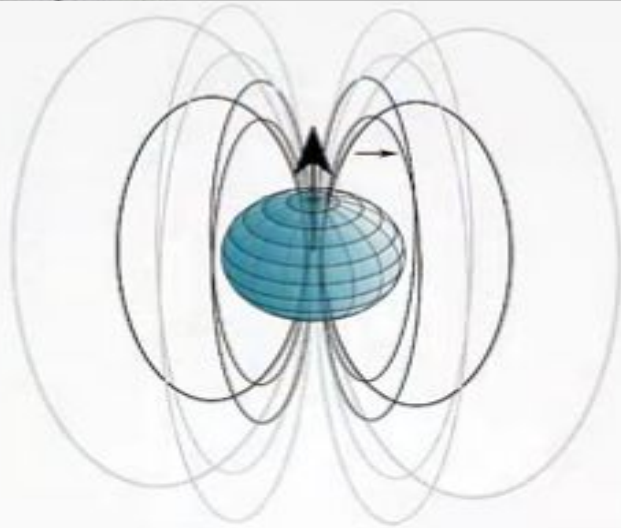


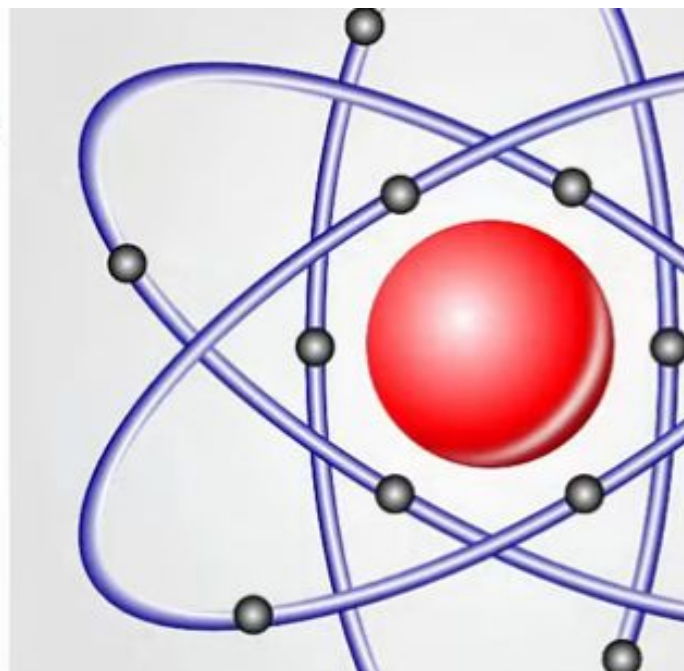
# Электродинамика

Электродинамика — это наука о свойствах и закономерностях поведения особого вида материи — электромагнитного поля, осуществляющего взаимодействие между электрически заряженными телами или частицами.



Электростатика — это раздел электродинамики, посвящённый изучению покоящихся электрически заряженных тел.

Если частицы взаимодействуют друг с другом с силами, которые убывают с увеличением расстояния также как и силы всемирного тяготения, но превышают силы тяготения во много раз, то говорят, что эти частицы имеют электрический заряд.

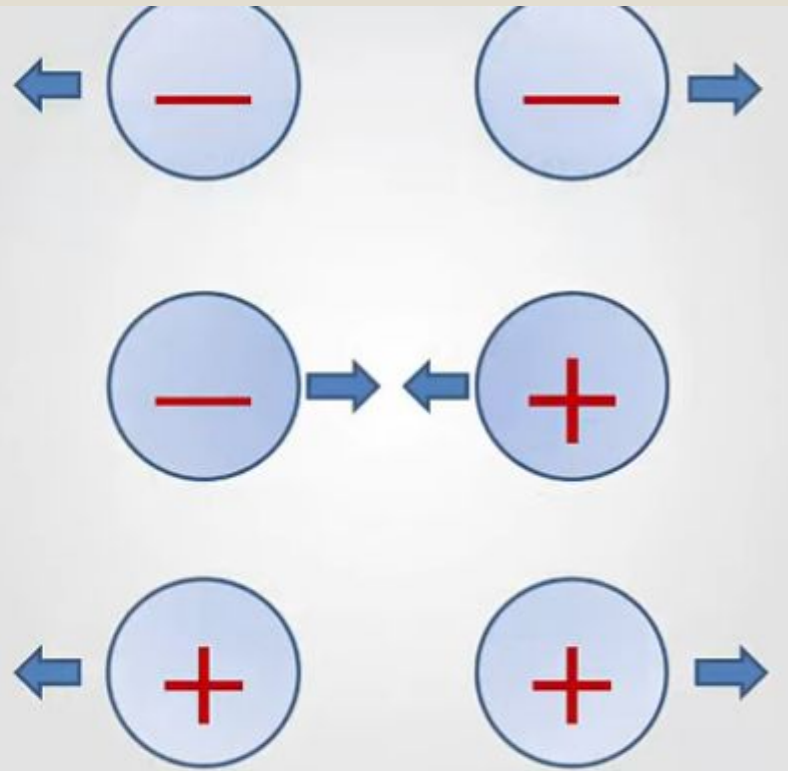


## Сравнение гравитационного и электромагнитного взаимодействий

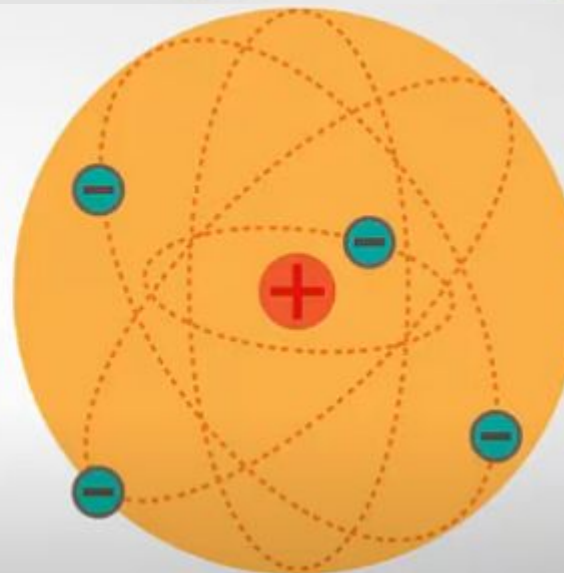
	Гравитационное	Электромагнитное
Значение для Вселенной	Упорядоченность расположения небесных тел	Соединение структуры вещества
Тип взаимодействия	Притяжение	Притяжение и отталкивание
Частицы, участвующие во взаимодействии	Все, имеющие массу	Заряженные

Взаимодействие между заряженными частицами носит название электромагнитных. Электрический заряд определяет интенсивность электромагнитных взаимодействий подобно тому как масса определяет интенсивность гравитационных взаимодействий. Благодаря гравитационному взаимодействию макротела во вселенной располагаются упорядоченно и сохраняют свою форму из-за электромагнитного взаимодействия между элементарными частицами из которых они состоят.

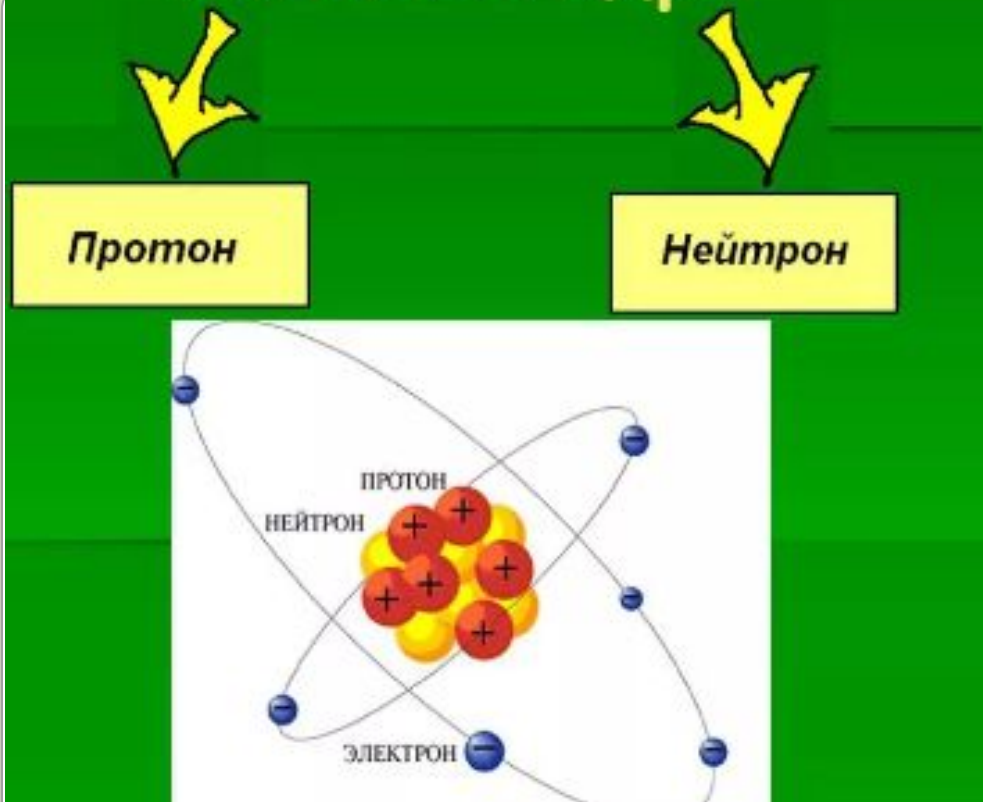
В природе существуют частицы с электрическими зарядами двух противоположных знаков; при зарядах одинаковых знаков частицы отталкиваются, а при разных знаках — притягиваются.



Заряд элементарных частиц — протонов, входящих в состав всех атомных ядер, называют положительным, а заряд электронов — отрицательным.



# Атомное ядро



Атом состоит из атомного ядра и обращающихся вокруг него электронов. Атомное ядро состоит из протонов и нейтронов. Число протонов в ядре совпадает с порядковым номером элемента в Периодической таблице элементов Д.И. Менделеева.

Число протонов в ядре равно числу электронов, обращающихся вокруг этого ядра. Обозначается  $Z$  – число протонов в ядре.

Число, которое показывает общее число частиц (протонов и нейтронов) в ядре –  $A$ .

Число нейтронов в томном ядре –  $N$ . Находится по формуле

$$N = A - Z.$$



# Закон сохранения электрического заряда.

В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остается неизменной:  $q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const}$

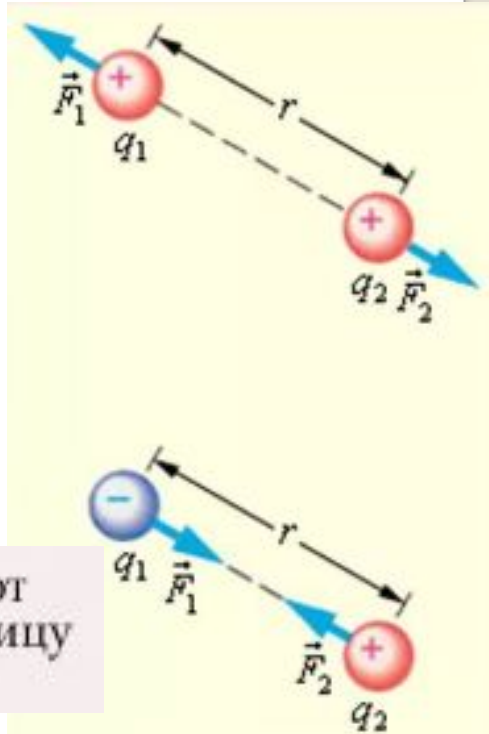
## Закон Кулона

Сила взаимодействия двух точечных неподвижных заряженных тел в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей заряда и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

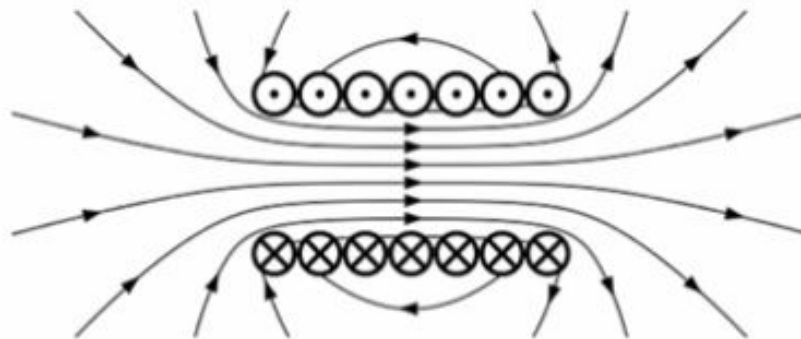
$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

Коэффициент пропорциональности  $k$  в законе Кулона зависит от выбора системы единиц. В Международной системе СИ за единицу заряда принят кулон(Кл).



# Природа электрического поля

1. Поле материально. Оно существует независимо от нас, от наших знаний о нём.
2. Поле обладает определёнными свойствами, которые не позволяют его спутать ни с чем другим в окружающем мире.



Электрическое поле неподвижных зарядов называют **электростатическим.**



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

где  $\vec{E}$  — напряжённость электрического поля  
 $\vec{F}$  — сила, с которой поле действует  
на пробный положительный заряд  
 $q$  — величина этого заряда

Отношение силы действующей на помещаемую в данную точку поля заряд к этому заряду для каждой точке поля не зависит от этого заряда и может рассматриваться как характеристика поля — Напряженность.

В некоторой точке поля на заряд 2 нКл действует сила 0,4 мкН. Найти напряжённость поля в этой точке.

Дано:

СИ

$$q = 2 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$\vec{F} = 0,4 \text{ мкН} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$$

Решение:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \text{ Н}}{2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}} = 200 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Найти:  $\vec{E} = ?$

Ответ:  $\vec{E} = 200 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ .

В проводниках, к которым в первую очередь относятся металлы, имеются заряженные частицы, способные перемещаться внутри проводника под влиянием электрического поля.

Величина, характеризующая способность двух проводников накапливать электрический заряд называют емкостью.

Емкость — отношение заряда одного из проводников к разности потенциалов между этим проводником и соседним.

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

$$1 \text{ Ф} = \frac{1 \text{ Кл}}{1 \text{ В}}$$

## Электрический ток. Закон Ома для участка цепи.

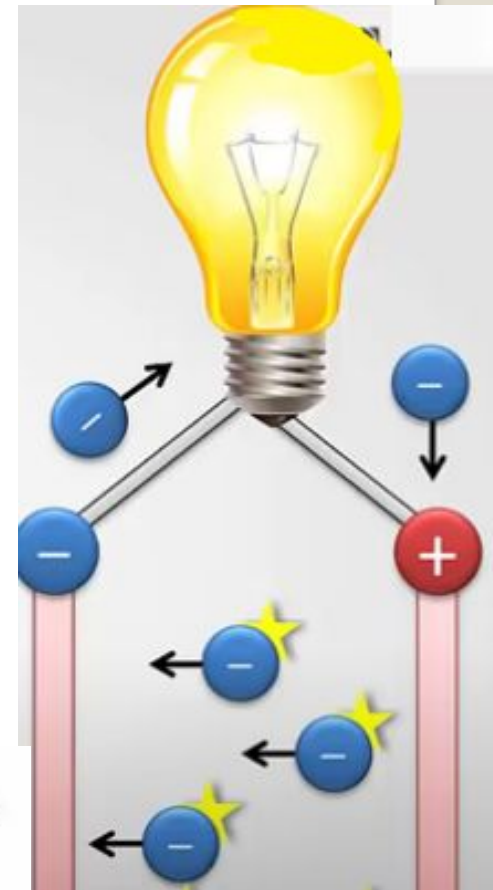
Неподвижные электрические заряды редко используются на практике. Для того чтобы заставить электрические заряды служить нам, их нужно привести в движение — создать электрический ток.

Электрический ток — упорядоченное движение, направленное движение заряженных частиц.

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

**СИ I = [А]**

Сила тока равна отношению заряда, переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени, к этому интервалу времени.



Основная электрическая характеристика проводника – **сопротивление.**

Сопротивление — мера противодействия проводника установлению в нём электрического тока.

Сопротивление зависит от материала проводника длиной  $l$ , с постоянной площадью поперечного сечения  $S$ .

Единица сопротивления - **Ом**

Согласно закону Ома для участка цепи сила тока прямо пропорциональна приложенному напряжению  $U$  и обратно пропорциональна сопротивлению проводника  $R$ .

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

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



## Закон Джоуля - Ленца

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

$Q$  – количество теплоты, выделяемое за время  $t$  проводником при протекании по нему эл. тока, Дж  
 $I$  – сила тока, текущего по проводнику, А  
 $R$  – сопротивление проводника, Ом  
 $t$  – время, в течение которого по проводнику течет ток, с

Количество теплоты, выделяемое в проводнике с током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени прохождения по нему тока:

## Мощность тока

$$P = \frac{A}{\Delta t} = IU$$

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$$

Сторонние силы — это любые силы, действующие на электрически заряженные частицы, за исключением сил электростатического происхождения.

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

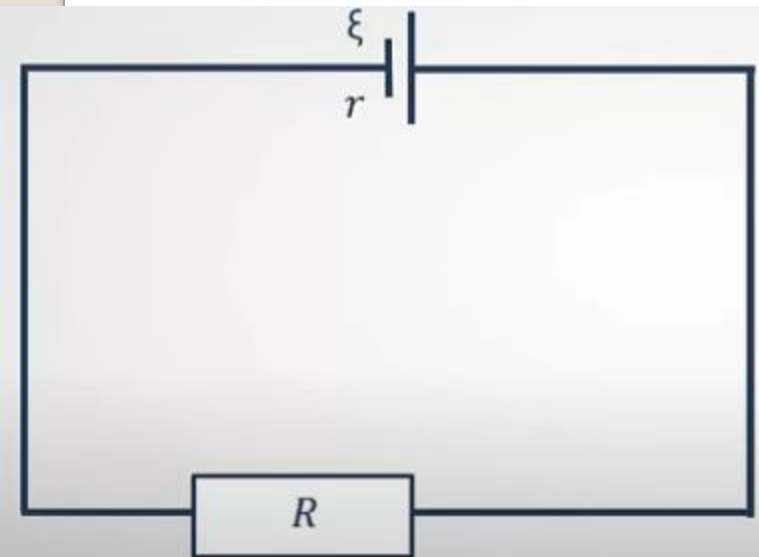
$$\xi = \frac{A_{\text{СТ}}}{q}$$

ЭДС в замкнутом контуре представляет собой отношение  $A$  работы сторонних сил при перемещении заряда вдоль контура к заряду. Единица ЭДС – вольт (В).

Закон Ома для полной цепи связывает силу тока в цепи, ЭДС и полное сопротивление цепи.

Сила тока в полной цепи равна отношению ЭДС цепи к ее полному сопротивлению.

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

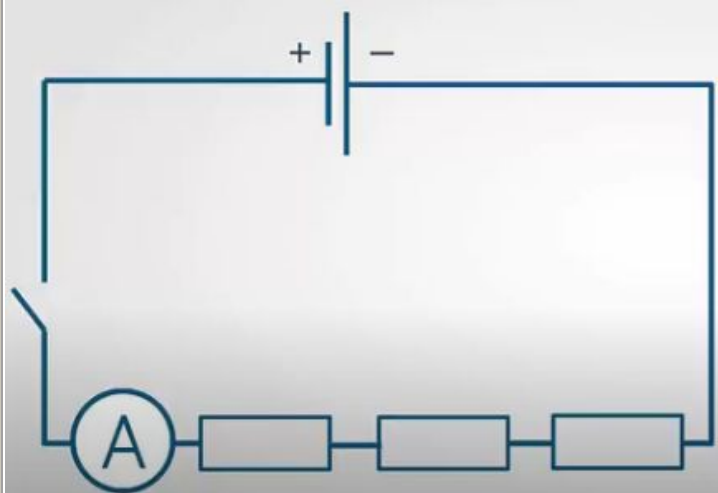




## Последовательное соединение проводников



Все проводники включаются в цепь поочередно друг за другом.



$$I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

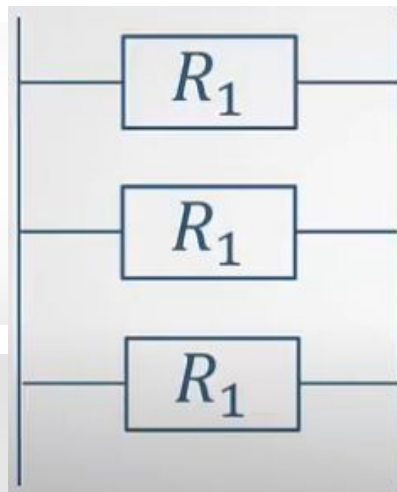
$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Сила тока во всех проводниках одинакова, т. к. в проводниках эл. заряд в случае постоянного тока не накапливается и через любое поперечное сечение проводника за определенное время проходит один и тот же заряд.

Напряжение на концах рассматриваемого участка цепи складывается из напряжения на каждом из проводников. Применяя закон Ома для всего участка в целом и для составляющих участка цепи можно доказать, что полное сопротивление всего участка цепи при последовательном соединении равно сумме сопротивлений каждого из участков.

# Параллельное соединение проводников

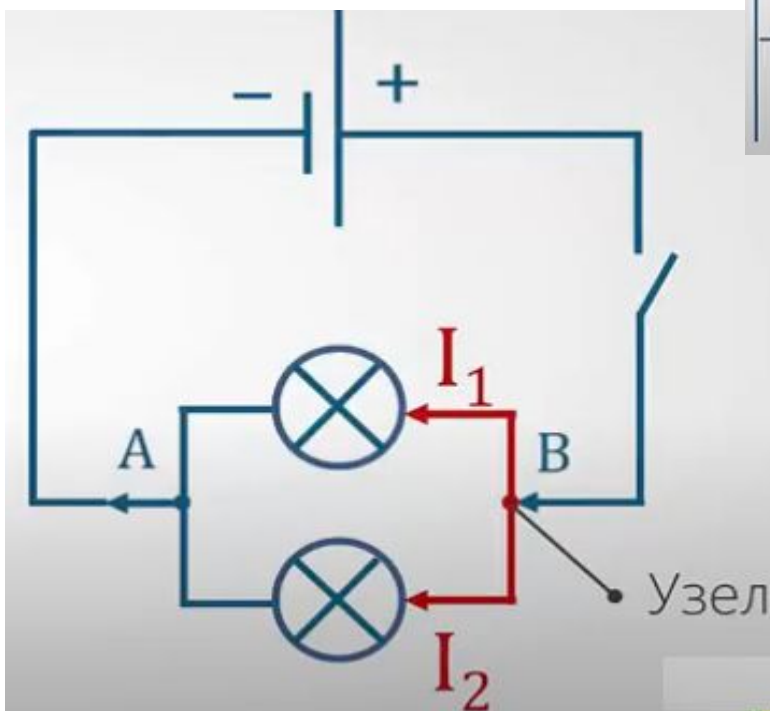
При параллельном соединении проводников электрический ток разветвляется на части.



$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$



Точка разветвления – узел. В узле эл.заряд не накапливается. Сила тока всей цепи равна сумме токов проходящих по каждой из ветвей цепи. Напряжение на концах проводников, соединенных параллельно, одно и то же. Величина, обратная полному сопротивлению участка, равна сумме величин, обратных сопротивлениям отдельных проводников.

# Магнитное поле.

## Электромагнитная индукция.

Движущиеся заряды создают вокруг себя магнитное поле. Движущиеся заряды образуют электрический ток, поэтому магнитное поле – поле, создаваемое электрическим током.

Взаимодействия между проводниками с током, т.е. взаимодействия между движущимися электрическими зарядами, называют магнитными.

Магнитное поле — это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между движущимися электрическими заряженными частицами.

### Основные свойства магнитного поля

Магнитное поле порождается электрическим током, то есть движущимися зарядами.

Магнитное поле обнаруживается по действию на электрический ток, то есть на движущиеся заряды.

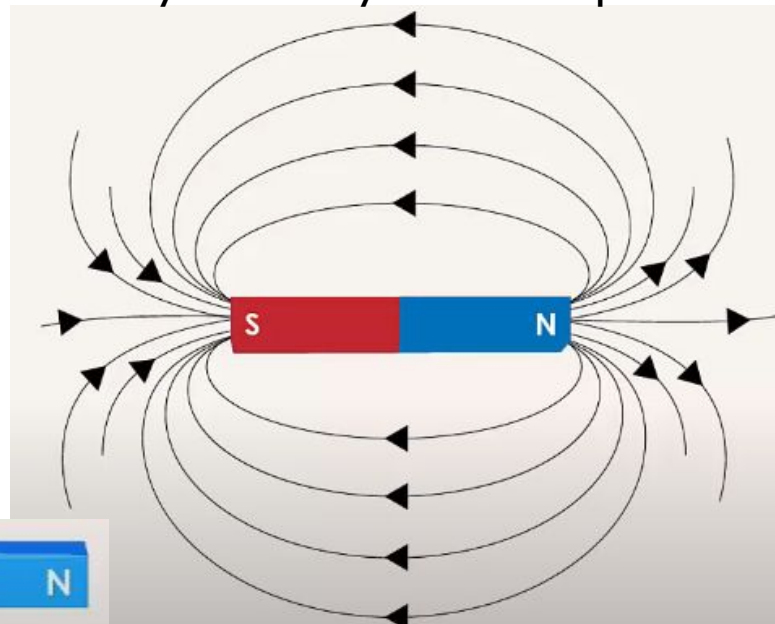
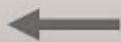
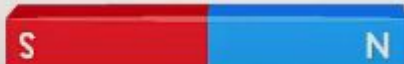
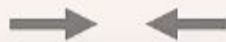
С удалением от источника магнитного поля, оно ослабевает.

## Характеристика магнитного поля- вектор магнитной индукции



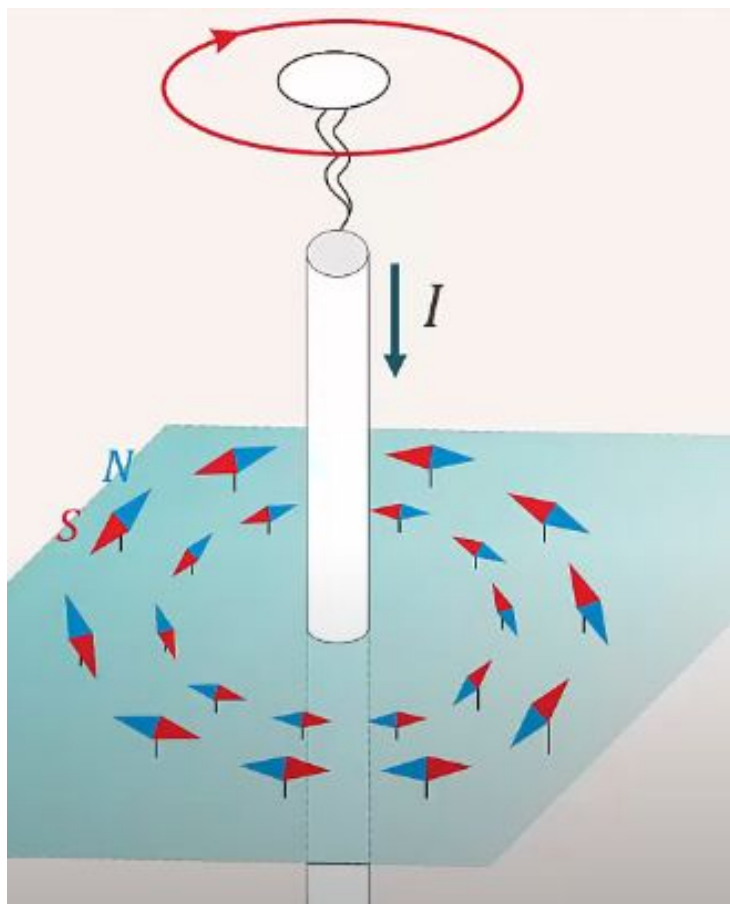
За направление вектора магнитной индукции принимается направление от южного полюса S к северному N магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле. Во внешнем магнитном поле вектор магнитной индукции направлен от северного магнитного полюса к южному. Можно наблюдать как магнит в магнитном поле ориентируется так, что свои северным полюсом притягивается к южному магнитному полюсу и наоборот.

Одноимённые заряды магнитов отталкиваются, разноимённые — притягиваются.





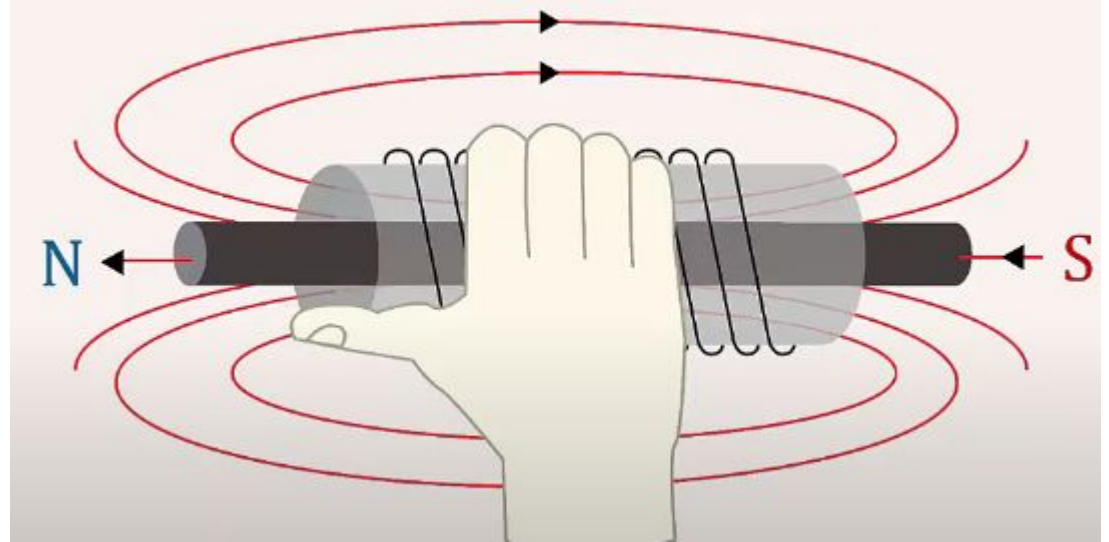
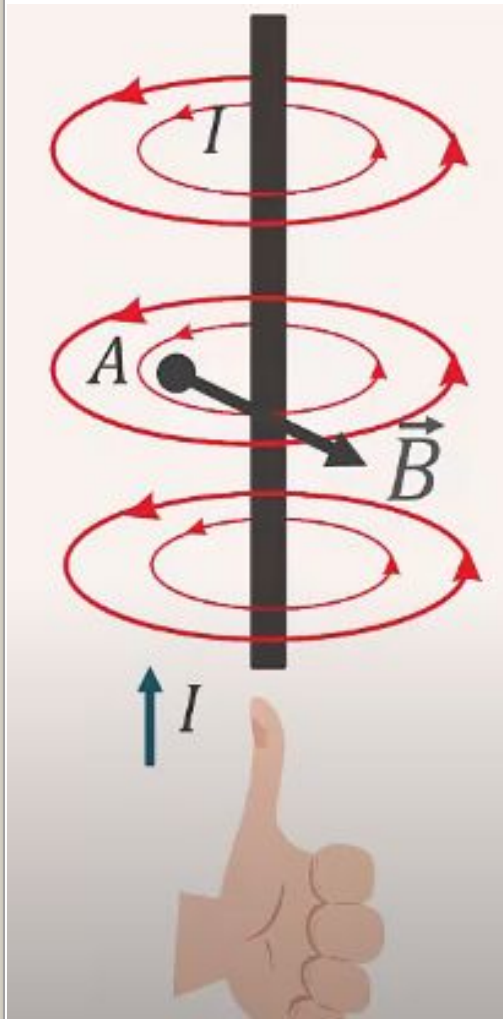
## Правило правого винта или правило буравчика



если направление поступательного движения буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадает с направлением вектора магнитной индукции магнитного поля, созданного этим током.

# Правило правой руки

Если ладонь правой руки расположить так, чтобы в нее входили силовые линии магнитного поля, а отогнутый большой палец направить по движению проводника, то четыре вытянутых пальца укажут направление индукционного тока. Если обхватить правой рукой кольцевой проводник так, чтобы четыре пальца были направлены по течению тока, то отогнутый большой палец укажет на направление вектора магнитной индукции поля, перпендикулярный плоскости кольца.





## Сила Ампера и сила Лоренца

Сила Ампера – это сила, действующая на участок проводника с током.

Закон Ампера

$$F = B|I|\Delta l \sin \alpha$$

Сила, с которой магнитное поле действует на помещенный в него отрезок проводника с током, равна произведению силы тока, магнитной индукции, длины отрезка проводника и синуса угла между направлениями тока и вектором магнитной индукции.

$$F_L = |q|vB \sin \alpha$$

Сила Лоренца — это сила, действующая на каждый заряд со стороны магнитного поля — равна произведению величины заряда, скорости движения частицы, модуля вектора магнитной индукции поля на синус угла между магнитной индукцией и направлением движения заряда.

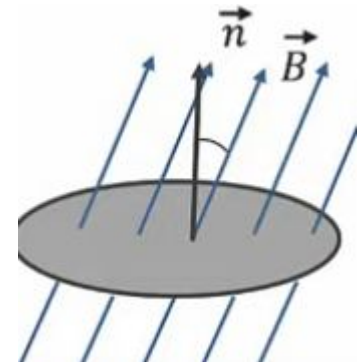
## Электромагнитная индукция. Магнитный поток.

Явление электромагнитной индукции заключается в возникновении электрического тока в проводящем контуре, который либо покоится в переменном во времени магнитном поле, либо движется в постоянном магнитном поле таким образом, что число линий магнитной индукции, пронизывающих контур, меняется.

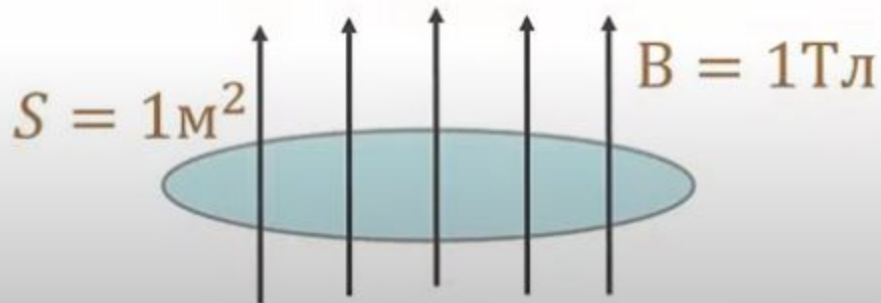
Магнитный поток характеризует магнитное поле во всех точках поверхности, ограниченной плоским замкнутым контуром. Магнитным потоком через поверхность площадью  $S$  называют величину, равную произведению модуля вектора магнитной индукции  $B$  на площадь и на косинус угла между векторами  $B$  и  $n$ .

Единицей магнитного потока является Вебер.

$$\Phi = BS \cos \alpha$$



$$1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \cdot \text{м}^2$$



# Правило Ленца.

Возникающий в замкнутом контуре индукционный ток своим магнитным полем противодействует тому изменению магнитного потока, которым он вызван.

## Алгоритм нахождения направления индукционного тока в контуре

Определить направление линий магнитной индукции внешнего магнитного поля.

Выяснить, увеличивается ли поток магнитной индукции этого поля через поверхность, ограниченную контуром, или уменьшается.

Установить направление линий магнитной индукции магнитного поля индукционного тока согласно правилу Ленца.

Зная направление линий магнитной индукции поля индукционного тока, пользуясь правилом буравчика, найти направление индукционного тока.

## Закон электромагнитной индукции

ЭДС индукции в замкнутом контуре равна по модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром.

$$\mathcal{E}_i = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$$

Индуктивность — это физическая величина, численно равная ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре при изменении силы тока на один ампер за 1 секунду.

Самоиндукция – явление возникновения ЭДС индукции в том же самом проводнике, по которому идет переменный ток.  
Единица индуктивности генри (Гн)

$\Phi = LI$ , где  $\Phi$  — магнитный поток,  $L$  — коэффициент самоиндукции,  $I$  — ток в контуре.