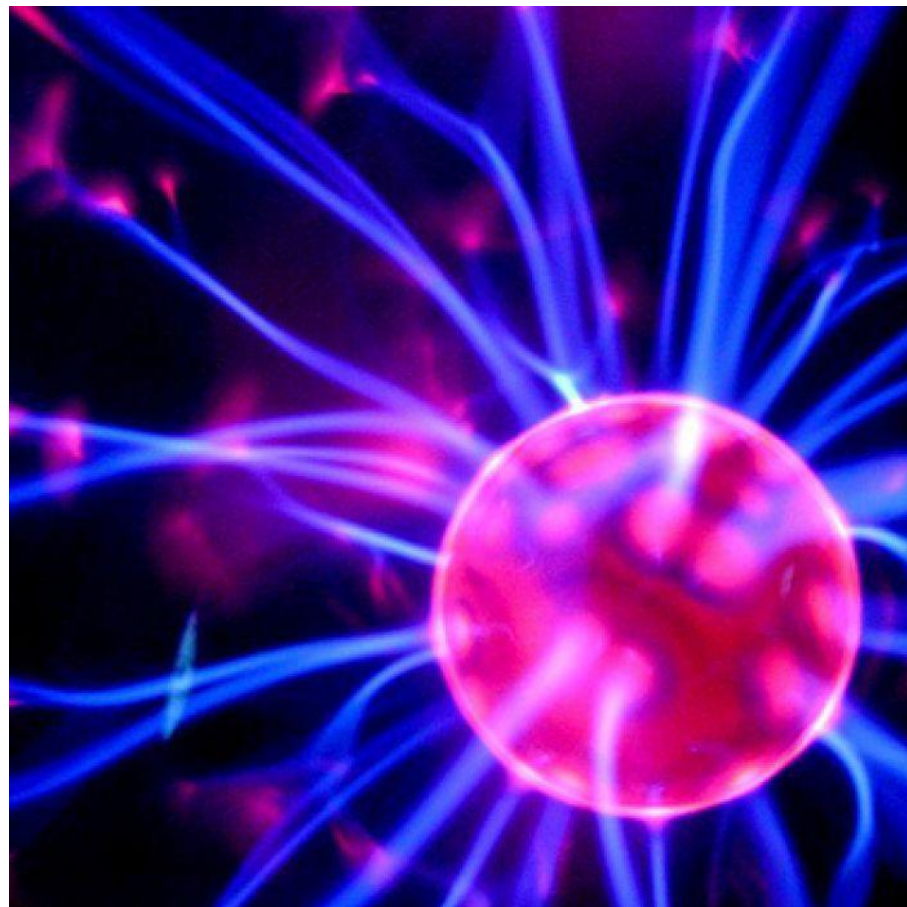
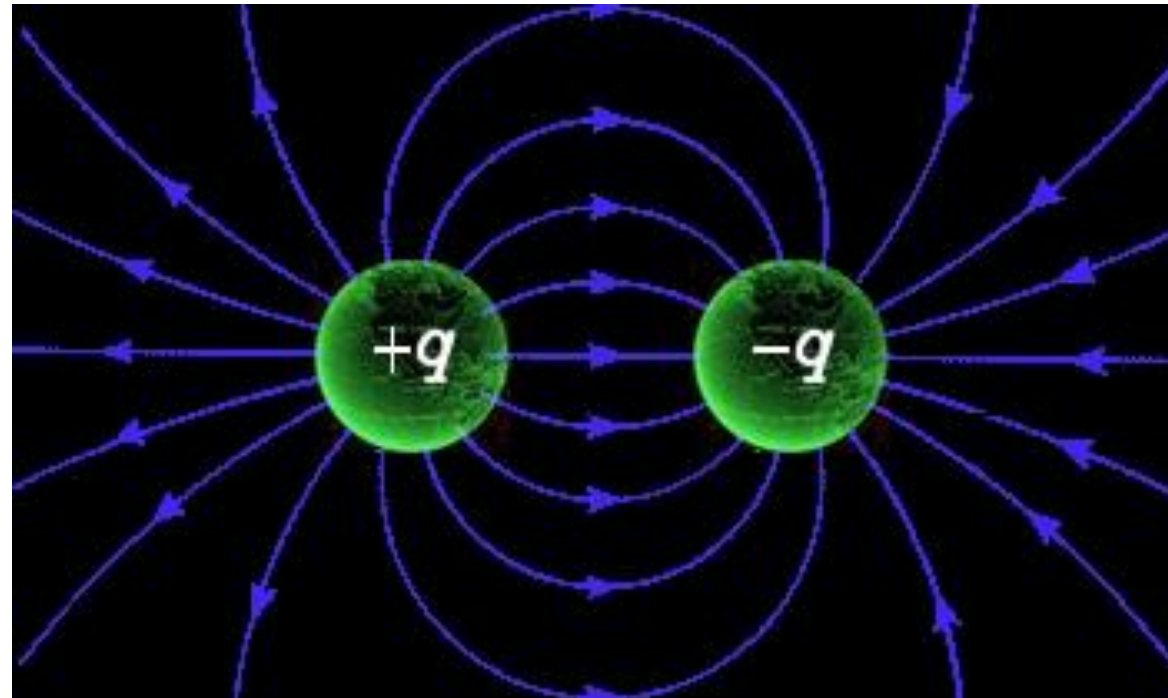


# Электростатика



**Электродинамика** – раздел физики, изучающий электромагнитное взаимодействие электрически заряженных частиц и тел.

**Электростатика** – раздел электродинамики, в котором изучаются взаимодействие и свойства неподвижных электрически заряженных частиц и тел, а так же их полей.



**Электрический заряд**  $Q, q$  – скалярная физическая величина, характеризующая свойство некоторых частиц или тел вступать при определенных условиях в электромагнитное взаимодействие и определяющая значения силы и энергий этих взаимодействий.

**Единица измерения** – 1 Кл (кулон) = 1 А · с.

**Электромагнитные силы** – силы притяжения и отталкивания, возникающие между электрически заряженными частицами и телами.

# Фундаментальные свойства электрического заряда

1. Существуют два вида электрических зарядов (**положительные** и **отрицательные**). Одноименные заряды **отталкиваются**, разноименные – **притягиваются**.
2. Электрический заряд **инвариантен** – его величина не зависит от системы отсчета, т.е. не зависит от того, движется он или покоится.
3. Электрический заряд **дискретен** - заряд любого тела составляет целое число, кратное элементарному заряду  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл .
4. Электрический заряд **аддитивен** заряд любой системы тел (частиц) равен сумме зарядов тел ( частиц), входящих в систему.

## Закон сохранения заряда

Алгебраическая сумма электрических зарядов любой замкнутой системы остается неизменной, какие бы процессы не происходили внутри данной системы.

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i = const$$

Под **замкнутой системой** в данном случае понимают систему, которая не обменивается зарядами с внешними телами.

**Электрон** – носитель элементарного отрицательного заряда:

$$Q = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл};$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг.}$$

**Протон** – носитель элементарного положительного заряда:

$$Q = +e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл};$$

$$m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

**Точечный заряд** – заряженное тело, размеры которого много меньше расстояний до других заряженных тел, с которыми оно взаимодействует.

## **Закон Кулона**

Сила взаимодействия  $F$  между двумя неподвижными точечными зарядами, находящимися в вакууме, прямо пропорциональна произведению величин зарядов  $Q_1$  и  $Q_2$ , обратно пропорциональна квадрату расстояния  $r^2$  между ними и направлена вдоль линии, соединяющей заряды:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

## В СИ коэффициент пропорциональности

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \left( \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2} \right)$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \left( \frac{Кл^2}{Н \cdot м^2} \right) \quad - \text{электрическая постоянная}$$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

**Закон Кулона** для точечных зарядов, находящихся в диэлектрической среде (веществе)

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{\varepsilon \cdot r^2} \quad , \quad F = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad ,$$

где  $\varepsilon$  - диэлектрическая проницаемость среды – безразмерная величина, показывающая во сколько раз сила взаимодействия зарядов в среде  $F$  меньше, чем в вакууме  $F_0$ :

$$\varepsilon = F_0 / F \quad .$$



**Электрическое (электромагнитное) поле** – особый вид материи, посредством которого электрические заряды взаимодействуют друг с другом.

**Электростатическое поле** – электрическое поле, созданное неподвижными электрическими зарядами и не изменяющееся со временем.

Электростатическое поле описывается двумя величинами : **напряженностью** (силовая векторная характеристика поля) и **потенциалом** ( энергетическая скалярная характеристика поля).

**Пробный заряд  $Q_0$**  – небольшой по величине, точечный положительный заряд, который не искажает исследуемое электрическое поле.

**Напряженность электрического поля  $\vec{E}$**  – векторная физическая величина, численно равная силе, с которой поле действует на пробный единичный положительный заряд, помещенный в данную точку поля.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_0}$$

Направление вектора напряженности  $\vec{E}$  совпадает с направлением вектора силы  $\vec{F}$ , с которой поле действует на положительный заряд.

Единица измерения –  $1 \text{ Н/Кл} = 1 \text{ В/м}$

## Напряженность поля точечного заряда $Q$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

- в скалярной форме;

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

- в векторной форме ;

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \cdot \vec{r}_0$$

$\vec{r}$  - радиус – вектор, направленный от заряда  $Q$  в точку поля  $A$ ;

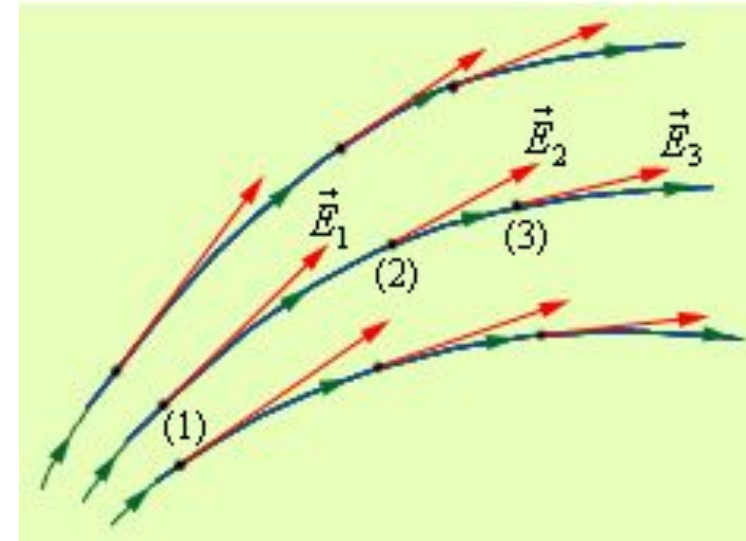
$$\vec{r}_0 = \frac{\vec{r}}{r}$$

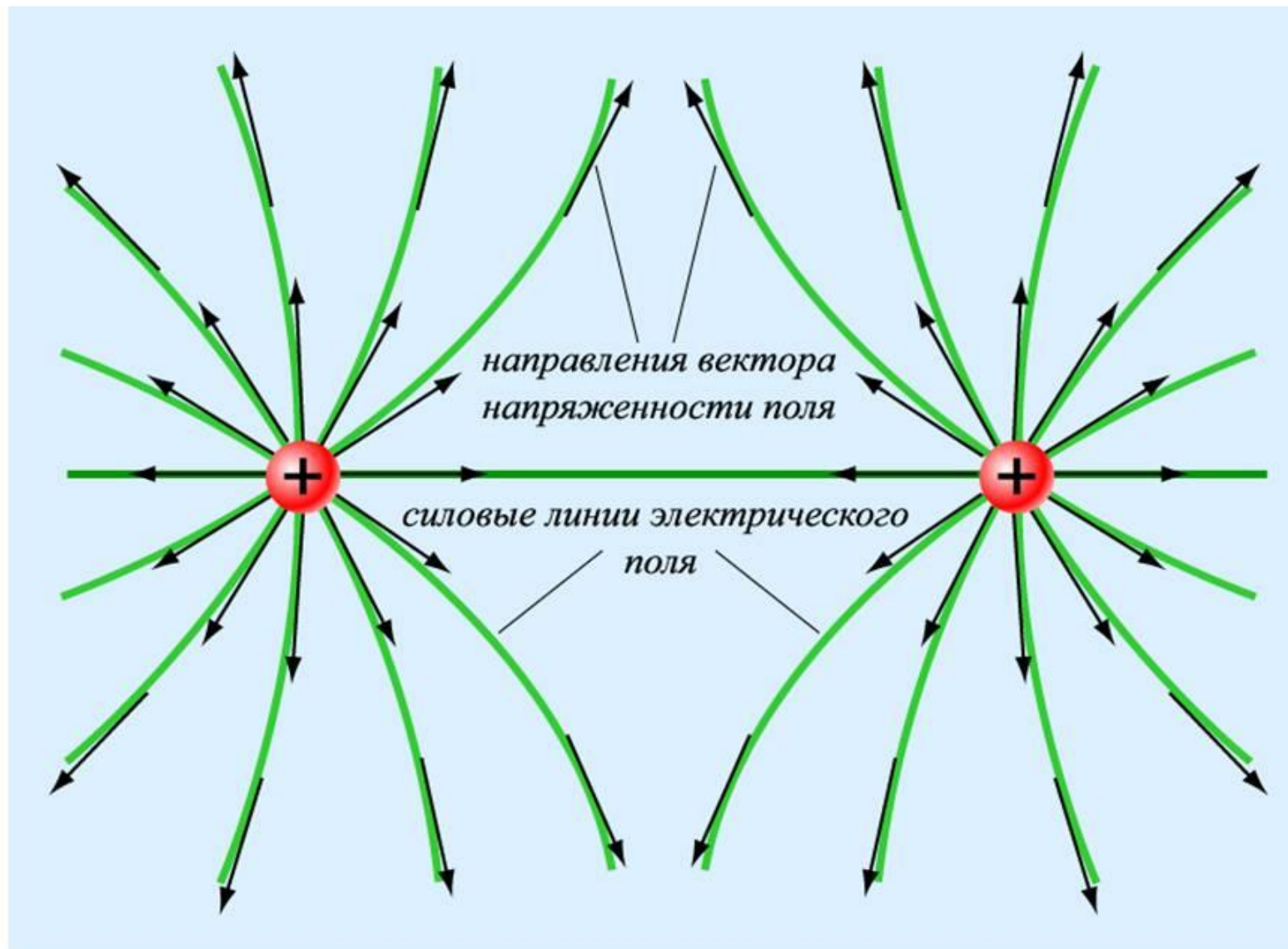
- единичный вектор.

**Линии напряженности** – линии, касательные к которым в каждой точке пространства (поля) совпадают с направлением вектора напряженности.

Эти линии:

- указывают направление вектора напряженности;
- напряженность поля  $E$  равна числу линий, проходящих через единичную площадку, перпендикулярную линиям;
- начинаются на положительных зарядах и заканчиваются только на отрицательных зарядах;
- никогда не пересекаются.





# Принцип суперпозиции электростатических полей

Напряженность результирующего поля  $\vec{E}$ , создаваемого системой зарядов  $Q_i$ , равна векторной сумме напряженностей полей  $\vec{E}_i$ , создаваемых в данной точке каждым из зарядов в отдельности.

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

**Поток  $\Phi_E$  вектора напряженности  $\vec{E}$**   
электрического поля через плоскую поверхность  
площадью  $S$  - величина, равная произведению  
модуля вектора  $\vec{E}$  на площадь  $S$  и косинус угла  $\alpha$   
между векторами  $\vec{E}$  и  $\vec{n}$  (нормалью к  
поверхности).

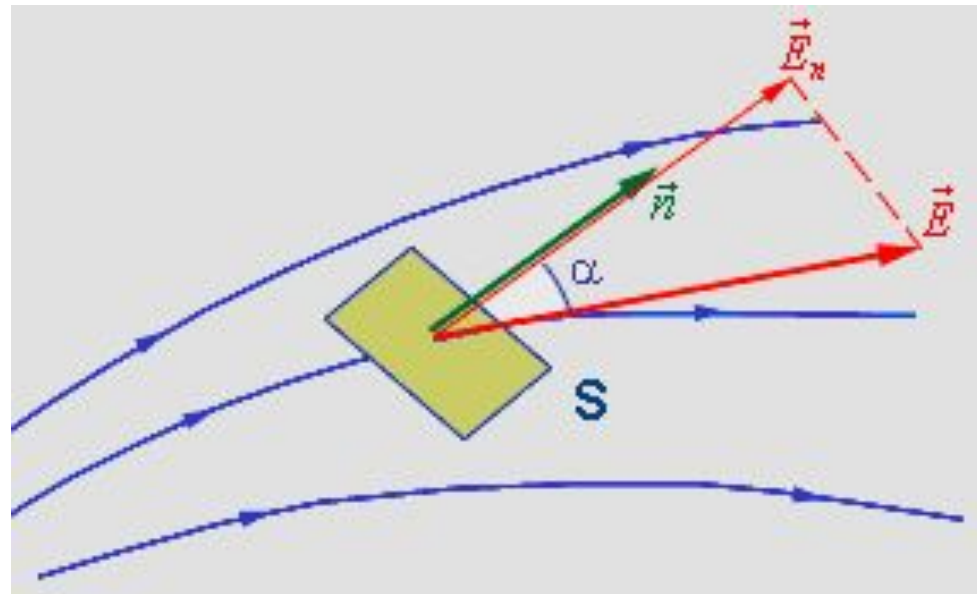
Единица измерения -  $1 \text{ В} \cdot \text{м}$ .

$$\Phi_E = E \cdot S \cdot \cos \alpha$$

$$\Phi_E = E_n \cdot S$$

$$E_n = E \cdot \cos \alpha$$

- проекция вектора  $\vec{E}$   
на  
направление  
вектора нормали  $n$ .



$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{S}$$

- другая формула потока;

$$\vec{S} = S \cdot \vec{n}$$

- вектор площади.

Поток  $\Phi_E$  численно равен количеству линий напряженности, пронизывающих поверхность  $S$ , является алгебраической величиной.

Поток вектора напряженности величина скалярная. Знак потока определяется направлением положительной нормали к поверхности. За положительное направление принимается направление внешней нормали к поверхности.



Определение потока напряженности  $\Phi_E$  в неоднородном электрическом поле через произвольную (искривленную) поверхность  $S$ .

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \int_S E_n \cdot dS$$

$$d\Phi_E = \vec{E} \cdot d\vec{S} = E_n \cdot dS$$

- поток напряженности через элементарную площадку  $dS$ ;

$$d\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$$

-вектор элементарной площадки.

