

Лекция 1. Электрическое поле в вакууме



Электричество — совокупность явлений, обусловленных существованием, взаимодействием и движением электрических зарядов

$[q] = [Q] = Кл$ Вокруг любого заряженного тела существует Е-поле

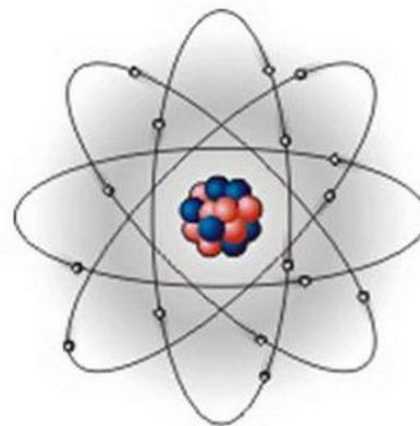
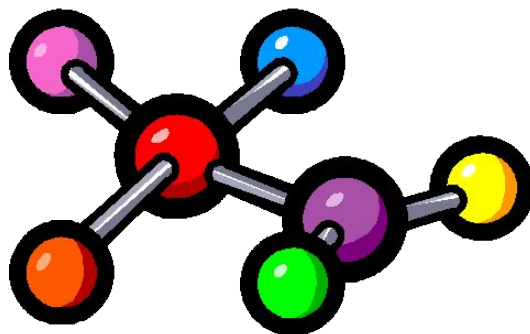
Свойства электрического заряда:

1. Существует в двух видах: положительный и отрицательн.
2. Кратность электрического заряда: любой заряд q всегда кратен заряду электрона.

$$q = \pm N|\bar{e}|; N - \text{целое число}; \bar{e} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

3. Закон сохранения электрического заряда: в электрически изолированной системе алгебраическая сумма зарядов не изменяется (закон Фарадея, 1843), $\sum q_i = const$
4. Электрический заряд является релятивистски инвариантным: его величина не зависит от системы отсчета, т.е. не зависит движется заряд или покоится (Лоренц, 1877).

Электрический заряд



$$|\bar{e}| = |p| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \quad \text{в системе СИ}$$

$$m_{\bar{e}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \quad m_p = 1836 \cdot m_{\bar{e}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Положительно заряженное тело: $Ne < Nr$

Отрицательно заряженное тело: $Ne > Nr$

Тело не заряжено: $Ne = Nr$

Возникновение зарядовых систем обусловлено не рождением, а разделением эл. зарядов.

Закон взаимодействия точечных зарядов - закон Кулона

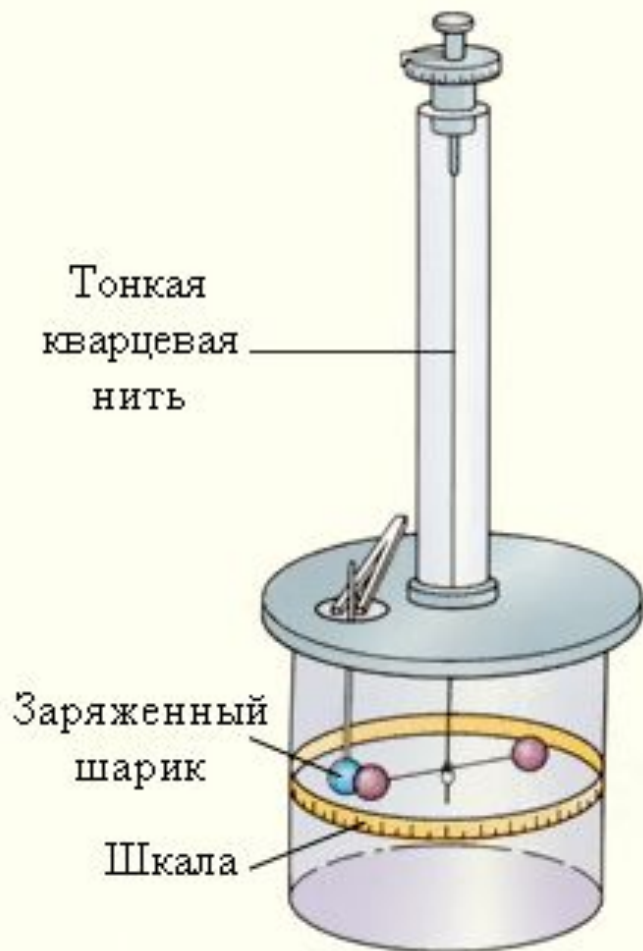


Основной закон электростатики установлен французским физиком Шарлем Кулоном 1785, что стало началом количественного изучения электрических явлений:

$$|F| \sim \frac{1}{r^2}$$

В честь Кулона единица электрического заряда --(Кл).

Точечный заряд заряженное тело, размерами которого можно пренебречь по сравнению с расстоянием до других заряженных тел.



Крутильные весы, Генри Кавендиш, 1771



Закон Кулона. Закон взаимодействия точечных зарядов

Сила взаимодействия между точечными (неподвижными) зарядами в вакууме (или в воздухе):

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

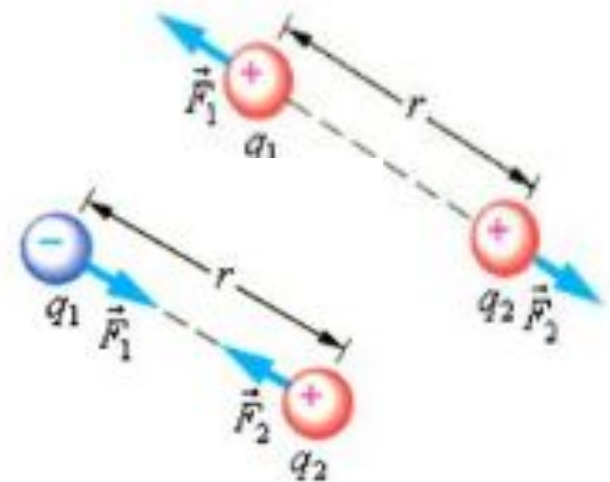
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

Электрическая постоянная:

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф / м}$$

диэлектрическая проницаемость вакуума. ϵ показывает, во сколько раз сила взаимодействия двух электрических зарядов в среде меньше, чем в вакууме.
Относительная диэлектр. проницаемость.

Закон Кулона описывает внешнее проявление явления



Отличие от гравитационного взаимодействия

Электрическое поле

Взаимодействия между зарядами осуществляется через электрическое (электромагнитное) поле, являющееся определенной формой материи.

Любое заряженное тело, помещенное в какую-либо точку Е-поля, оказывается под воздействием силы.

Электростатическое поле – поле неподвижных зарядов (физическая идеализация).

Пробный заряд - точечный положительный заряд (*аналог материальной точки в механике*), который не искажает исследуемое поле, т.е. не вызывает в нем перераспределения зарядов (*собственным полем пробного заряда пренебрегают*). Индикатор эл. поля.

Напряженность электрического поля

Характеристики электрического поля:

1. Напряженность (силовая).
2. Потенциал (энергетическая).

Напряженность электрического поля – *векторная* величина, численно равная силе, действующей на единичный положительный заряд, покоящийся в данной точке поля, и отнесенной к величине этого заряда. Вектор напряженности совпадает по направлению с силой, действующей на «+» заряд.

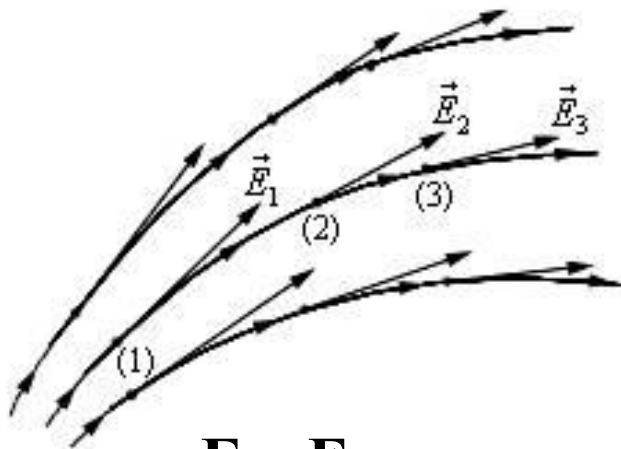
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{пр}} \qquad [E] = \frac{В}{м}$$

Из закона Кулона - напряженность поля точечного заряда q на расстоянии r от него:

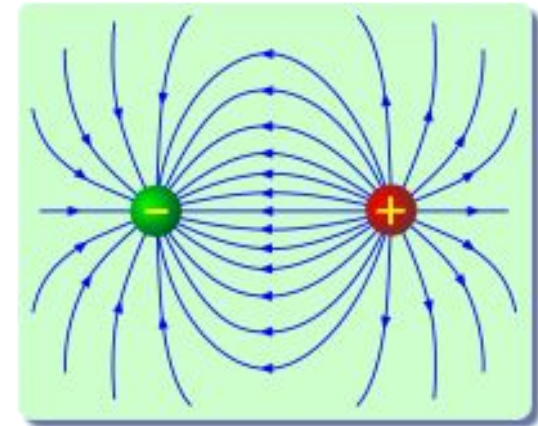
$$\vec{E} = \frac{k|q|}{r^3} \vec{r} \qquad E = \frac{k|q|}{r^2}$$

Линии напряженности электрического поля

Линии напряженности — линии, касательные к которым в каждой точке поля направлены также, как и вектор напряженности. Они начинаются на «+» зарядах, заканчиваются на «-» зарядах. Линии не пересекаются, не замкнуты. Густота линий напряженности пропорциональна модулю вектора напряженности электрического поля.



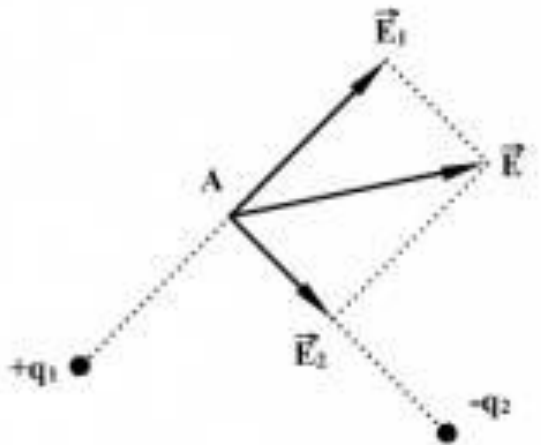
$$\mathbf{F} = q\mathbf{E}$$



Силовые линии электрического диполя

Принцип суперпозиции электрических полей

Напряженность поля системы зарядов равна векторной сумме напряженностей полей, которое создает каждый из этих зарядов в отдельности.



$$\mathbf{E} = \sum_{i=1}^N \mathbf{E}_i = \sum_{i=1}^N k_e \frac{q_i}{r_i^3} \mathbf{r}_i$$

Если система зарядов эл. нейтральна,
то поле вдали от системы равно 0.

Исключение: системы с дипольн. моментом

Однородное поле – поле, в каждой точке которого напряженность одинакова по модулю и направлению (например, поле равномерно заряженной плоскости, плоского конденсатора).

Распределение зарядов

Если заряд непрерывно распределен внутри макроскопического тела, его пространственное распределение описывают плотности:

Линейная плотность заряда (однородное распределение заряда):

$$\tau = \frac{dq}{dl} = \frac{q}{l} \quad [\tau] = Кл / м$$

Поверхностная плотность заряда:

$$\sigma = \frac{dq}{dS} = \frac{q}{S} \quad [\sigma] = Кл / м^2$$

Объемная плотность заряда:

$$\rho = \frac{dq}{dV} = \frac{q}{V} \quad [\rho] = Кл / м^3$$

суммируются заряды всех частиц на отрезке dl , на площадке dS и в объеме dV .

Примеры

Значение напряженности электрического поля E , созданного *точечным зарядом* q , на расстоянии r от заряда в точке C равно

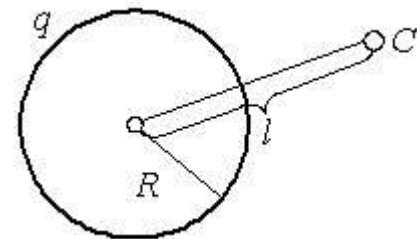
$$E = \frac{k|q|}{r^2}$$



сферой радиуса R с зарядом q , на расстоянии l от центра сферы в точке C равно

$$E = \frac{k|q|}{l^2} \text{ если } l \geq R;$$

$$E = 0, \text{ если } l < R \text{ (внутри).}$$



заряженной бесконечной пластиной с поверхностной плотностью заряда σ , равно

$$E = \frac{|\sigma|}{2\epsilon_0}$$

где q — заряд плоскости, S — площадь плоскости.