

3.1 Электрическое поле

3.1.1 Электризация тел и ее проявления. Электрический заряд. Два вида заряда.

Элементарный электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда

Электризация: через соприкосновение (трение), через влияние.

Самые точные эксперименты показали, что в **результате электризации тел при соприкосновении** на них всегда возникают электрические заряды, равные по модулю и противоположные по знаку.

Электрические заряды могут появиться и при других взаимодействиях, например под воздействием света.

Если к подвешенной фольге поднести заряженную палочку, фольга притягивается. Если же фольга коснется палочки, фольга будет отталкиваться. Значит, заряженные тела могут отталкиваться. Это объясняется существованием двух различных зарядов. Один из них **положительный**, а другой **отрицательный**.

Частицу, имеющую самый маленький заряд, называли электроном. Заряд электрона отрицателен и равен $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Электрический заряд - физическая величина, определяющая силу электромагнитного взаимодействия.

Закон сохранения заряда

Внутри изолированной системы при любых взаимодействиях алгебраическая сумма электрических зарядов остается постоянной: $q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const}$.

Нигде и никогда не исчезает электрический заряд одного знака. Появление положительного электрического заряда всегда сопровождается появлением равного по модулю отрицательного заряда.

3.1.2 Взаимодействие зарядов. Точечные заряды. Закон Кулона.

Между электрическими зарядами одинакового знака действуют силы отталкивания, а между зарядами противоположных знаков действуют силы притяжения.

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

Кулоновская сила направлена вдоль прямой, соединяющей оба точечных заряда, подчиняется третьему закону Ньютона.

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

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} - \text{для воздуха}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} - \text{для любой среды}$$

ϵ - электрическая постоянная среды.

3.1.3 Электрическое поле. Его действие на электрические заряды

Вокруг каждого электрического заряда всегда существует электрическое поле.

Электрическое поле — материальный объект, непрерывный в пространстве и способный действовать на другие электрические заряды.

Взаимодействие электрических зарядов есть результат действия поля заряженных тел.

Близкодействие (короткодействие) - взаимодействия передаются с помощью особых материальных посредников и с конечной скоростью. Например, в случае электромагнитных взаимодействий таким посредником является электромагнитное поле, распространяющееся со скоростью света.

Из четырех видов фундаментальных взаимодействий надежную экспериментальную проверку существования частиц-переносчиков получили три — сильное, слабое и электромагнитное взаимодействия.

3.1.4 Напряженность электрического поля

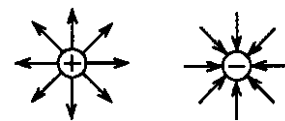
Физическая величина, равная отношению силы F , с которой электрическое поле действует на пробный заряд q , к значению этого заряда, называется напряженностью электрического поля и обозначается E .

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad [E] = 1 \frac{\text{В}}{\text{м}} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$

Поле точечного заряда

Распределение линий, направленных вокруг уединенных точечных зарядов

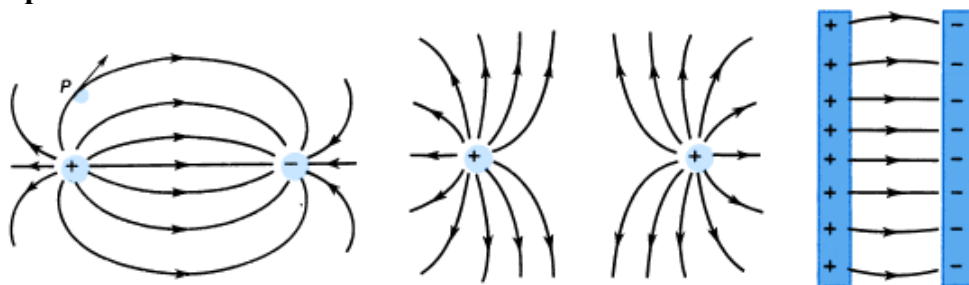
$$E = \frac{kQ}{r^2} \quad E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$



Однородное поле

$$\vec{E} = \text{const}$$

картины линий этих полей



3.1.5 Потенциальность электростатического поля. Разность потенциалов и напряжение.

$$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -q\Delta\varphi = qU$$

Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле.

Электростатическое поле консервативно и работа по перемещению заряда равна разности потенциалов энергий в начале и в конце траектории. Силовой характеристикой электрических полей является напряженность.

$$W = q\varphi$$

Потенциал электростатического поля.

Потенциалом электрического поля в данной точке называется отношение потенциальной энергии, которой обладает пробный заряд, помещенный в данную точку поля, к этому заряду.

$$\varphi = \frac{W}{q}$$

Разность потенциалов

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

Связь напряженности поля и разности потенциалов для однородного электростатического поля.

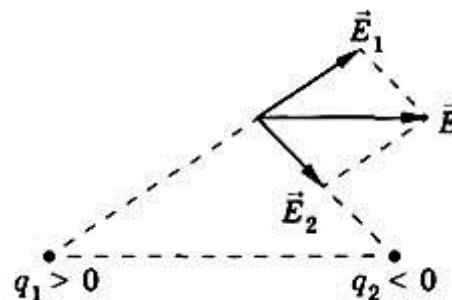
$$U = Ed$$

3.1.6 Принцип суперпозиции электрических полей.

Опыт показывает, что если на электрический заряд q действуют одновременно электрические поля нескольких источников, то результирующая сила оказывается равной сумме, действующей со стороны каждого поля в отдельности.

Электрические поля подчиняются принципу суперпозиций.

$$\text{Тогда: } \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$$



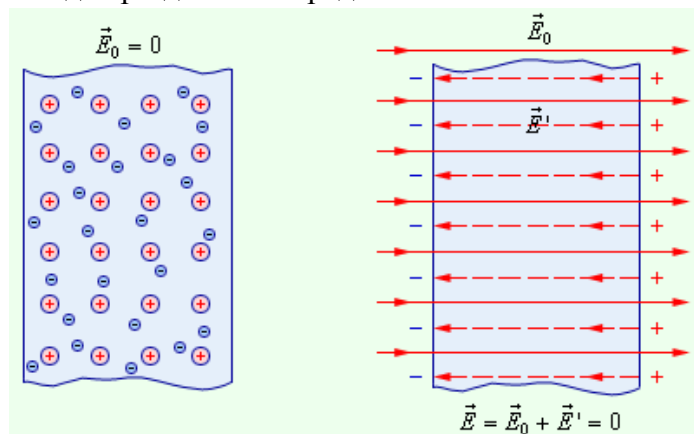
3.1.7 Проводники в электростатическом поле. Условие равновесия зарядов: внутри проводника $E=0$, внутри и на поверхности проводника $\varphi=\text{const}$.

К проводникам относятся металлы, растворы солей, кислота, влажный воздух, плазма. Две части металлического тела, разделенного в электрическом поле, приобретают равные по модулю и разные по знаку заряды. Происходит разделение зарядов.

Электрическое поле внутри полого проводника отсутствует.

Это свойство используется при электростатической защите, когда проводящие оболочки защищают измерительные приборы от воздействия электростатических полей.

На поверхности проводника в любой его точке потенциал электрического поля одинаков.



3.1.8 Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества ϵ .

Диэлектрик — вещество, содержащее только связанные заряды. Свободные заряды в диэлектриках отсутствуют, это хорошие изоляторы.

Возьмем два диэлектрических диска, соединим их, затем разъединим в электрическом поле и поочередно коснемся электроскопа. Что обнаружим? Обе части нейтральные. В электрическом поле происходит поляризация диэлектриков, т. е. смещение в противоположные стороны разноименных зарядов, входящих в состав атомов и молекул вещества. На поверхности диэлектрика возникают связанные заряды, неспособные свободно перемещаться по диэлектрику.

В диэлектриках разделение зарядов не происходит. Происходит ориентация молекул в электростатическом поле.

Полярные и неполярные диэлектрики. (Полярные — центры положительного и отрицательного зарядов в молекуле не совпадают, неполярные — центры положительного и отрицательного зарядов в молекуле совпадают)

Диэлектрическая проницаемость — физическая величина, показывающая во сколько раз сила взаимодействия двух электрических зарядов в этой среде меньше, чем в вакууме.

$$\epsilon = \frac{E_0}{E}$$

E — напряженность в среде

E_0 — напряженность в вакууме

3.1.9 Конденсатор. Электроемкость конденсатора. Электроемкость плоского конденсатора

Конденсаторы — это система из двух проводников (обкладок), разделенных диэлектриком, толщина которого мала по сравнению с линейными размерами проводников.

Назначение:

- Накапливать на короткое время заряд или энергию для быстрого изменения потенциала.
- Не пропускать постоянный ток.
- В радиотехнике - колебательный контур, выпрямитель.
- Фототехника.

Плоский конденсатор представляет собой две плоские металлические пластины, разделенные слоем диэлектрика.

Физическая величина, определяемая отношением заряда q к $\Delta\varphi$ разности потенциалов между обкладками конденсатора, называется **электроемкостью**.

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

Единица электроемкости в системе СИ — фарад $1\text{Ф} = \frac{1\text{Кл}}{1\text{В}}$.

Формула для электроемкости плоского конденсатора:

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \quad E = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S} \quad \Delta\varphi = \frac{qd}{\varepsilon\varepsilon_0 S}$$

3.1.10 Параллельное соединение конденсаторов.

Последовательное соединение конденсаторов.

Параллельное соединение:

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_n$$

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

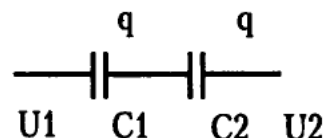
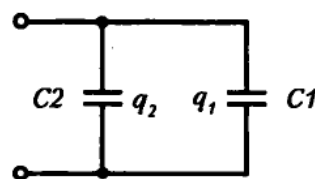
$$C_{\text{об}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Последовательное соединение:

$$q = q_1 = q_2 = \dots = q_n$$

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

$$\frac{1}{C_{\text{об}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$



3.1.11 Энергия заряженного конденсатора

Электрическое поле обладает энергией.

$$W_{\text{эл поля}} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$