РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Тема 3.1. Электрическое поле

План:

- 1. Электрический заряд. Закон Кулона.
- 2. Электрическое поле и его характеристики.
- 3. Потенциал. Разность потенциалов.
- 4. Проводники и диэлектрики.
- 5. Конденсаторы.

1. Электрический заряд. Закон Кулона.

Электростатика — раздел электродинамики, в котором изучаются взаимодействия и свойства электрических зарядов, неподвижных относительно выбранной для их исследования инерциальной системы отсчета.

Электрический заряд - это физическая величина, характеризующая свойство частиц или тел вступать в электромагнитные силовые взаимодействия (Обозначение - q; Единица измерения — 1Кл (Кулон) = 1А·1c)

Свойства электрических зарядов

Электрический заряд:

- существует в двух видах:
 - электроны (частица обладающая наименьшим отрицательным зарядом: $e=-1,6\cdot10^{-19}$ Кл, $m_e=9,1\cdot10^{-31}$ кг);
 - протон (частица, обладающая наименьшим положительным зарядом: $c_p = 1,6\cdot 10^{-19} \mathrm{Kr}$, $m_p = 1,67\cdot 10^{-27} \mathrm{\ kr}$)
- частицы или тела не изменяется при движении носителя заряда.
- любой системы всегда равен сумме зарядов составляющих систему частиц.
- образуется совокупностью элементарных зарядов.
- не создается и не исчезает, а лишь переходят от одного тела к другому.

Закон сохранения электрических зарядов

В изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех тел остается постоянной:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = const.$$

Применения:

Ядерные реакции

Реакции диссоциации

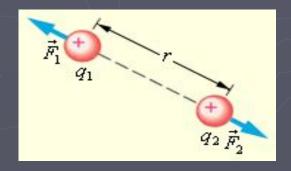
$$^{239}_{92}U \rightarrow ^{239}_{93}Np + ^{0}_{-1}e$$

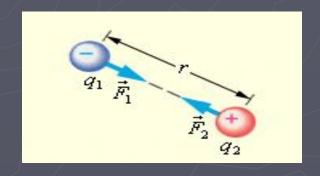
$$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$$

Закон Кулона

Силы взаимодействия точечных неподвижных зарядов прямо пропорциональны произведению модулей зарядов и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними:

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

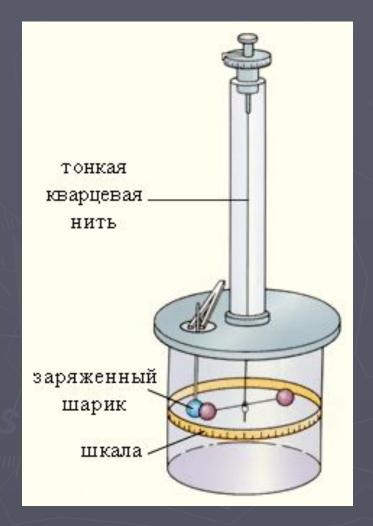


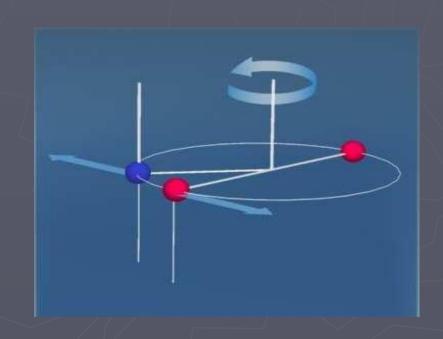


Силы взаимодействия между точечными зарядами - центральные

Опыт Кулона

Крутильные весы





$$F \sim q_1 \cdot q_2$$

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

Демонстрация опыта Кулона



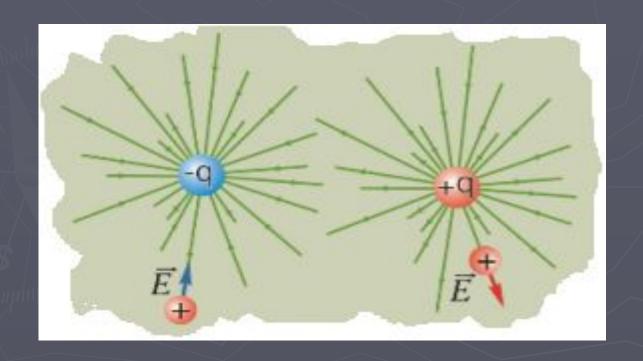
2. Электрическое поле и его характеристики

Электрическое поле — это особый вид материи, существующий вокруг любого электрического заряда и проявляющий себя в действии на другие заряды.

Электрическое поле так же материально, как и вещество, теснейшая связь вещества и полей проявляется во всех процессах и явлениях окружающей нас природы, во всем материальном мире.

Напряженность электрического поля

Напряженность электрического поля — это силовая характеристика в данной точке.

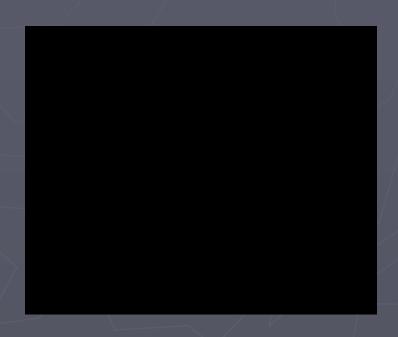


$$\overline{\overline{E}} = \frac{\overline{F}}{q}$$

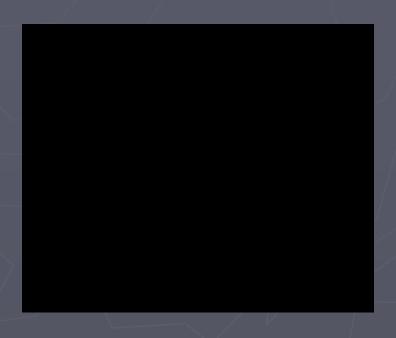
Линии напряженности (силовые линии)

- Линии напряженности это графическое изображение электрических полей в виде некоторых силовых линий.
- Данный способ изображения предложил английский физик М. Фарадей в 30-х годах XIX века.
- Силовые линии располагаются таким образом, что касательные к ним в каждой точке пространства совпадают по направлению с вектором напряженности электрического поля.

Силовые линии неоднородного электрического поля

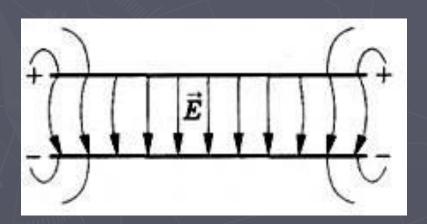


Силовые линии однородного электрического поля



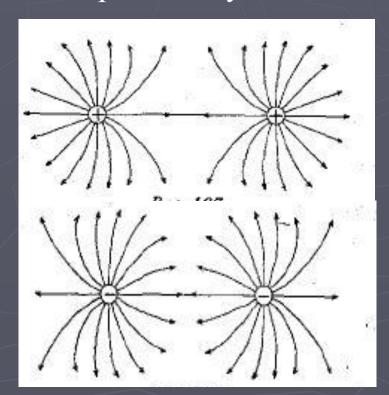
Графическое изображение силовых линий электрических полей

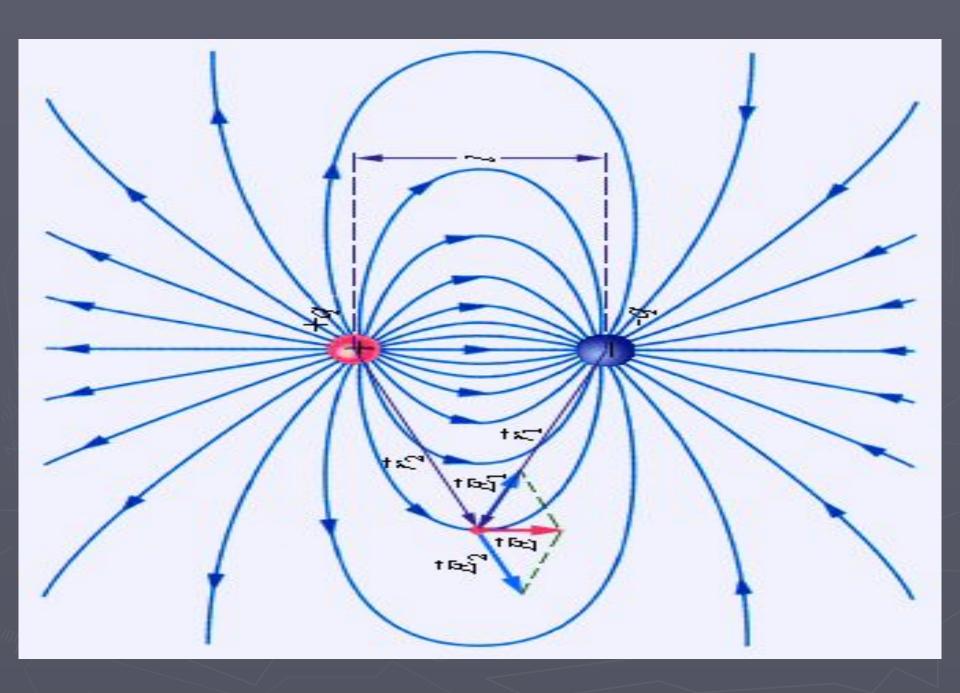
Однородное электрическое поле; электрическое поле, напряженность которого в каждой точке постоянно по модулю и направлению



Неоднородное

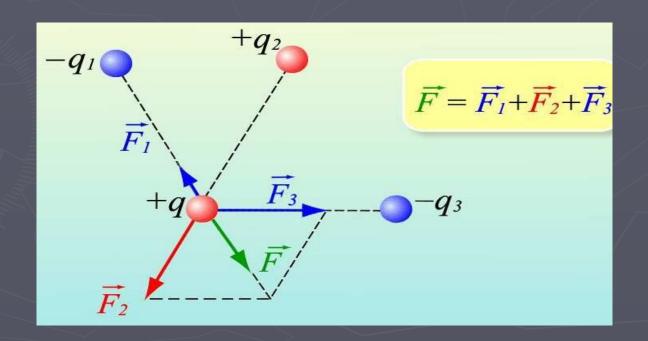
электрическое поле:
обратное однородному
электрическому полю





Принцип суперпозиции полей

Если заряженное тело взаимодействует одновременно с несколькими заряженными телами, то результирующая сила, действующая на данное тело, равна векторной сумме сил, действующих на это тело со стороны всех других заряженных тел.



Свойства электрического поля

- 1. Силовые линии электрического поля, созданного неподвижными зарядами, не замкнуты: они начинаются на «+» и заканчиваются на «-» зарядах.
- 2. Силовые линии не пересекаются.
- 3. Густота линий больше там, где напряженность поля больше.

3. Потенциал. Разность потенциалов.

Энергетической характеристикой электрического поля является разность потенциалов.

Потенциал — это скалярная физическая величина, характеризующая способность поля совершать работу.

Потенциал данной точки поля равен работе, совершаемой полем при перемещении единичного положительного заряда из этой точки поля в бесконечность. ∠

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

На практике за нулевой потенциал обычно принимают потенциал Земли, а в теоретической физике удобно принимать потенциал бесконечно удаленной точки пространства. Поэтому вводят понятие разности потенциалов.

Разность потенциалов — это число, равное работе сил поля, которая совершается при перемещении единичного положительного заряда из одной точки поля в другую.

$$\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{A}{q_0}$$

Причины использования понятия «разность потенциалов»

- Описание электрического поля при помощи потенциалов гораздо проще, чем при помощи напряженности поля.
- Разность потенциалов гораздо легче измерить на опыте, чем напряженность поля.
 - Кроме того, следует обратить внимание на тот факт, что потенциал характеризует не энергию поля, а потенциальную энергию заряда, помещенного в поле.

$$\varphi = \frac{E_n}{q_0}$$

Силовые поля, в которых работа не зависит от формы пути, называют потенциальными, следовательно, не изменяющееся во времени электрическое поле является потенциальным.

Работа по перемещению заряда из одной точки электрического поля в другую равна изменению его потенциальной энергии, взятой с обратным знаком.

$$A = -(E_{n2} - E_{n1}) \Rightarrow A = q_0(\varphi_1 - \varphi_2) \Rightarrow A = q_0U$$

Поверхности, во всех точках которого потенциал принимает одно и тоже значение, эквипотенциальным, и, следовательно, эквипотенциальной перемещение заряда по поверхности не приводит к изменению его потенциальной энергии, и поэтому работа случае равна нулю, а ЭТОМ напряженности перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям.

d

$$E = \frac{\Delta \varphi}{d}$$

Проводники

<u> Уединенный</u>

Электроемкость уединенного проводника равна отношению заряда проводника к потенциалу проводника:



<u>Неуединенный</u>

Электроемкость неуединенного проводника равна отношению заряда одного из проводников к разности потенциалов между проводниками:



Конденсаторы

Конденсатор – это система двух проводников, разделенных слоем диэлектрика.

$$C = \frac{q}{\Delta \phi}$$
 ; где: q — заряд конденсатора; - разность потенциалов между обкладками конденсатора.

Емкость конденсатора зависит от формы и размеров обкладок, диэлектрической проницаемости заполняющего диэлектрика.

Электрическая емкость

Электроемкость-это физическая величина, характеризующая электрические свойства проводника накапливать электрический заряд.



Электроемкость — понятие макроскопическое, и, следовательно, характеризует макроскопические области, конкретных проводников размеры которых гораздо больше атомных

Еденицы электроемкости

Электроемкость измеряется в фарадах (Ф)

$$1\Phi = 1Kл/B$$

$$1M\kappa\Phi = 10^{-6}\Phi$$

$$1\mathcal{H}\Phi = 10^{-9}\Phi$$

$$1n\Phi = 10^{-12}\Phi$$

Способы соединения конденсаторов

Проводники и диэлектрики в электрическом поле

- 1. Проводники.
- 2. Полярные диэлектрики.
- 3. Неполярные диэлектрики.
- 4. Кристаллические диэлектрики