

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 — 1 Кл (Кулон) = 1 А·1 с)

Свойства электрических зарядов

Электрический заряд:

- существует в двух видах:

- электроны (частица обладающая наименьшим отрицательным зарядом: $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг);

- протон (частица, обладающая наименьшим положительным зарядом: $e_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг)

- 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.

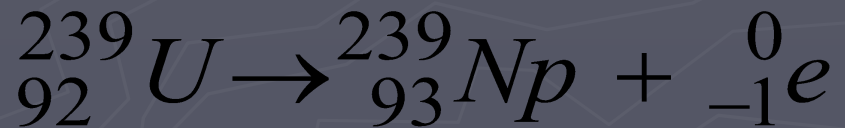
Закон сохранения электрических зарядов

В изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех тел остается постоянной:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const.}$$

Применения:

Ядерные реакции



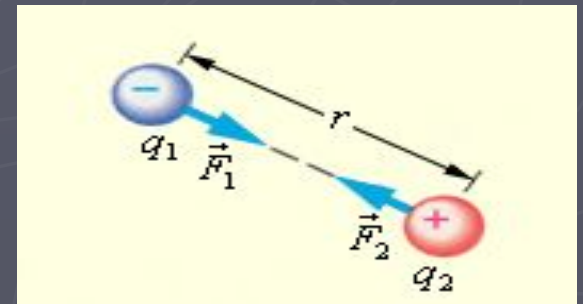
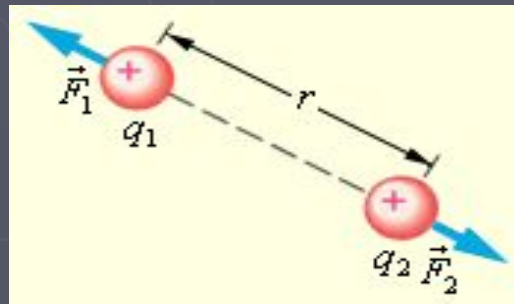
Реакции диссоциации



Закон Кулона

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

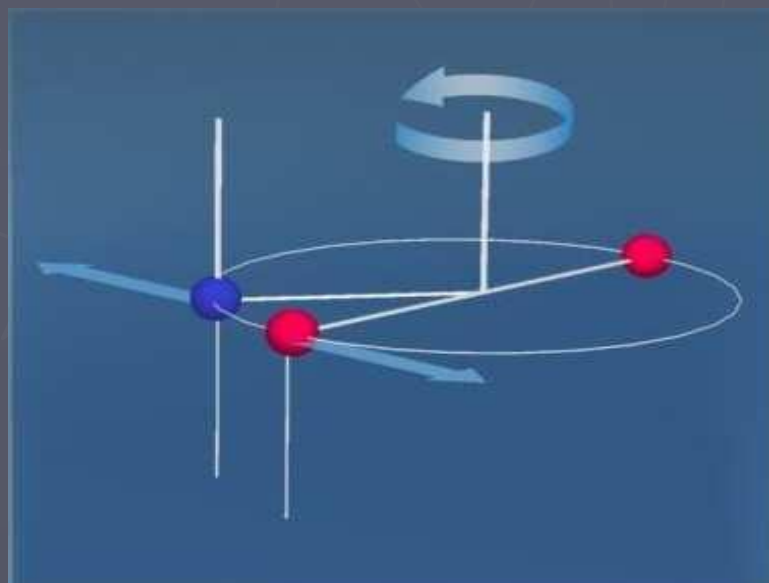
$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$



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



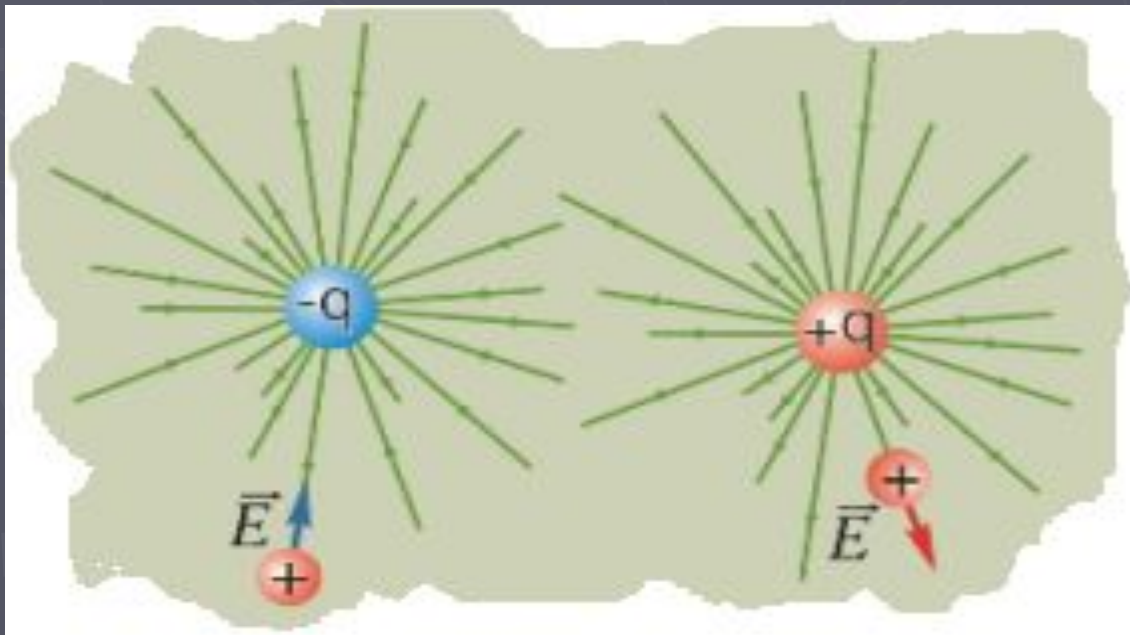
2. Электрическое поле и его характеристики

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.



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

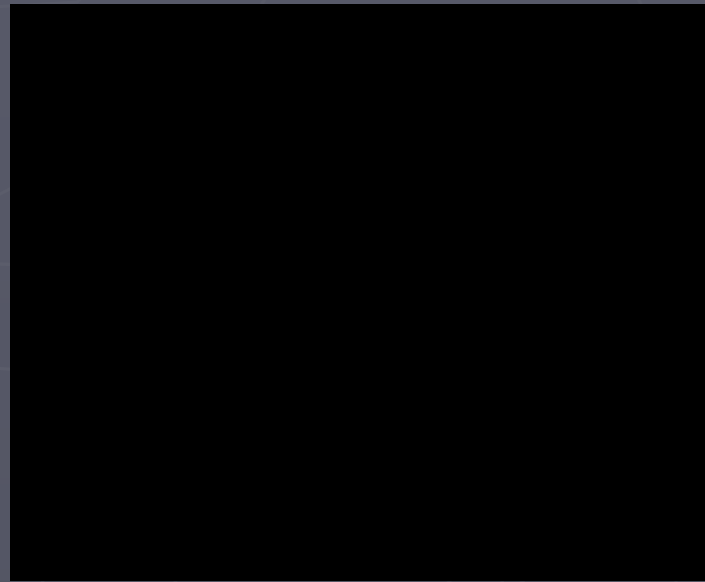
Линии напряженности (силовые линии)

Линии напряженности – это графическое изображение электрических полей в виде некоторых силовых линий.

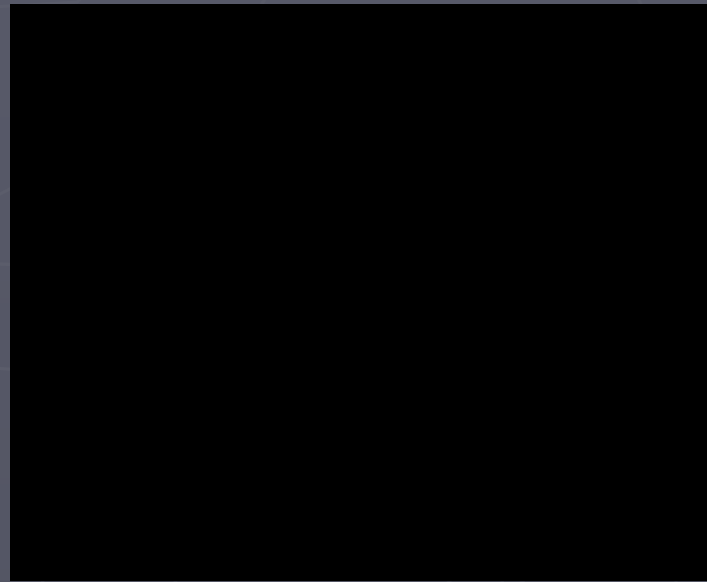
Данный способ изображения предложил английский физик М. Фарадей в 30-х годах XIX века.

Силовые линии располагаются таким образом, что касательные к ним в каждой точке пространства совпадают по направлению с вектором напряженности электрического поля.

Силловые линии неоднородного электрического поля



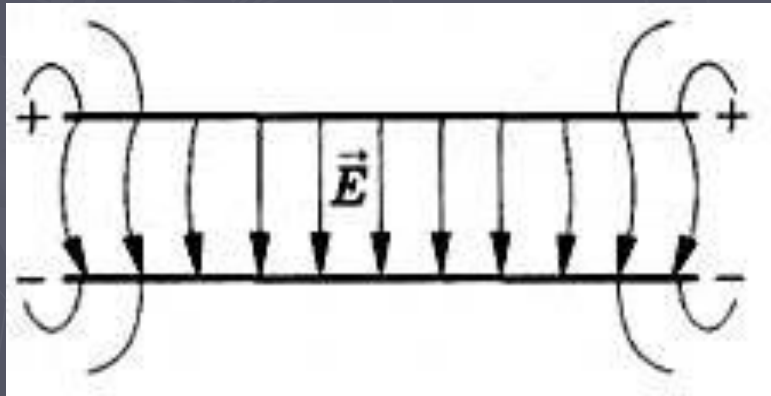
Силовые линии однородного электрического поля



Графическое изображение силовых линий электрических полей

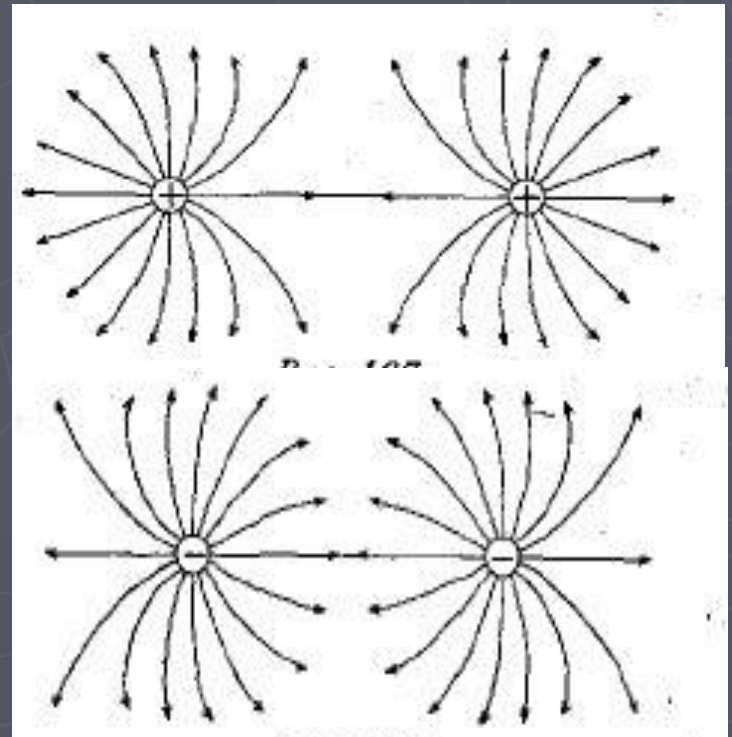
Однородное электрическое

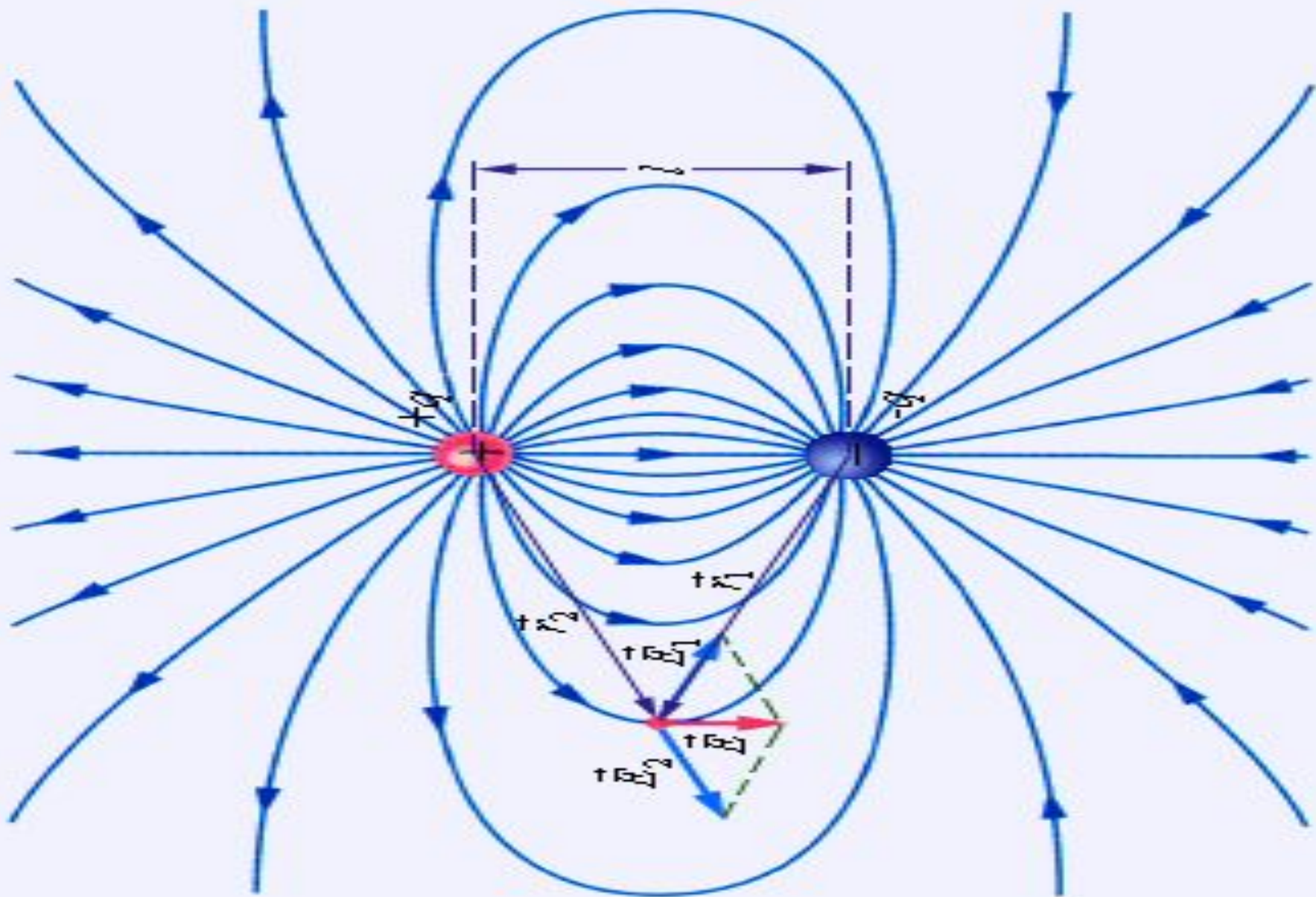
поле: электрическое поле, напряженность которого в каждой точке постоянно по модулю и направлению



Неоднородное

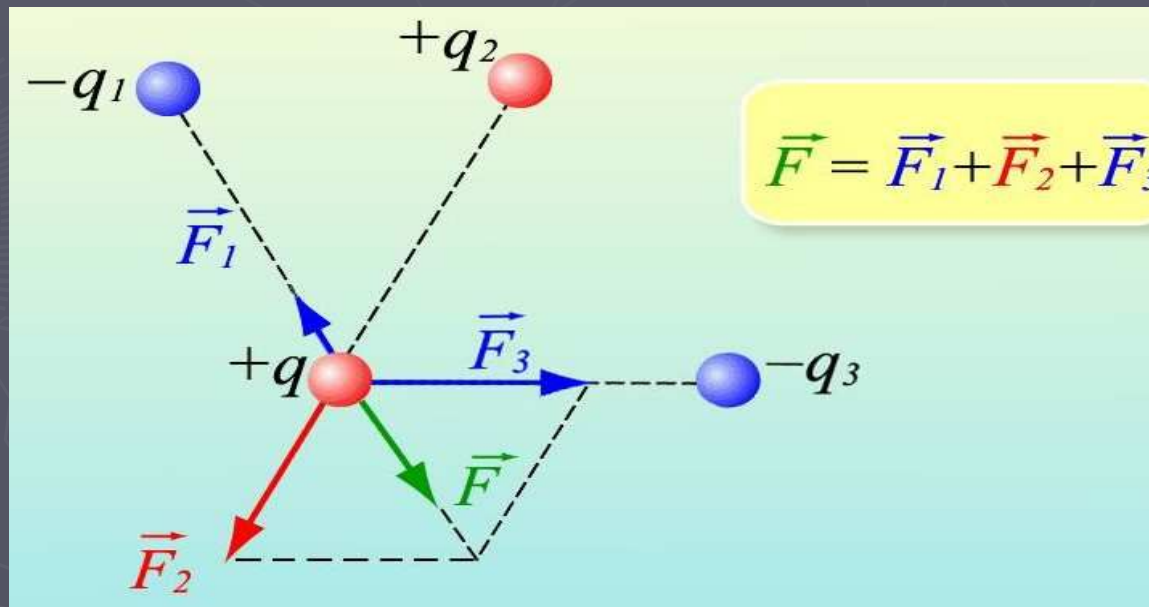
электрическое поле: обратное однородному электрическому полю





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.

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

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.

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

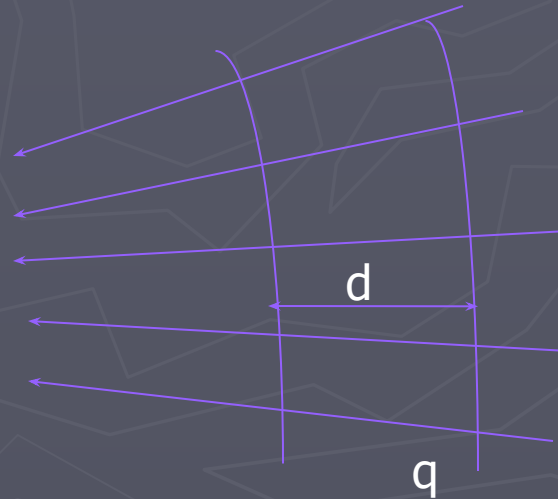
Силовые поля, в которых работа не зависит от формы пути, называют потенциальными, следовательно, не изменяющееся во времени электрическое поле является потенциальным.

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, перемещение заряда по эквипотенциальной поверхности не приводит к изменению его потенциальной энергии, и поэтому работа в этом случае равна нулю, а линии напряженности перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям.

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



Проводники

Уединенный

Емкость уединенного проводника равна отношению заряда проводника к потенциалу проводника:

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

C – емкость уединенного проводника
 q – модуль заряда проводника
 φ – потенциал проводника

Неуединенный

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

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

C – емкость двух заряженных проводников
 q – модуль заряда проводника, заряды на проводниках равны, но противоположны по знаку
 U – разность потенциалов между проводниками

Конденсаторы

Конденсатор – это система двух проводников, разделенных слоем диэлектрика.

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi} \quad ; \quad \text{где: } q \text{ – заряд конденсатора;}$$

$\Delta\varphi$ – разность потенциалов между обкладками конденсатора.

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

Электрическая емкость

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



Электроёмкость – понятие макроскопическое, и, следовательно, характеризует макроскопические области, конкретных проводников размеры которых гораздо больше атомных

Единицы емкости

Емкость измеряется в фарадах
(Ф)

$$1\text{Ф} = 1\text{Кл/В}$$

$$1\text{мкФ} = 10^{-6}\text{Ф}$$

$$1\text{нФ} = 10^{-9}\text{Ф}$$

$$1\text{пФ} = 10^{-12}\text{Ф}$$

Способы соединения конденсаторов



Проводники и диэлектрики в электрическом поле

1. Проводники.
2. Полярные диэлектрики.
3. неполярные диэлектрики.
4. Кристаллические диэлектрики