

# 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.

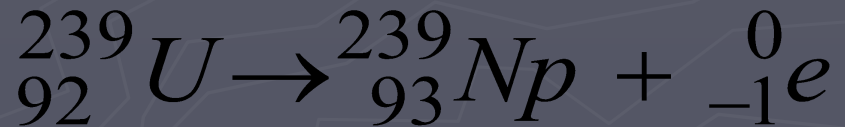
# Закон сохранения электрических зарядов

В изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех тел остается постоянной:

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

## Применения:

Ядерные реакции



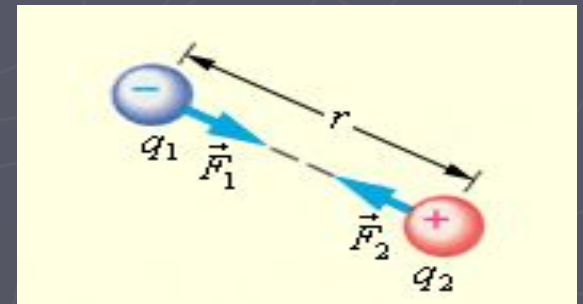
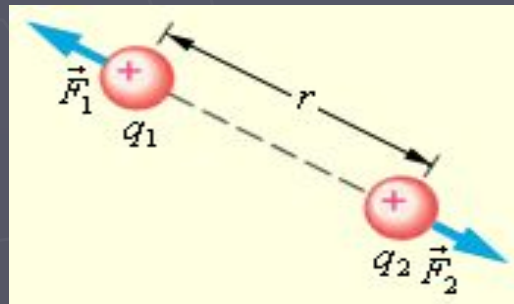
Реакции диссоциации



# Закон Кулона

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

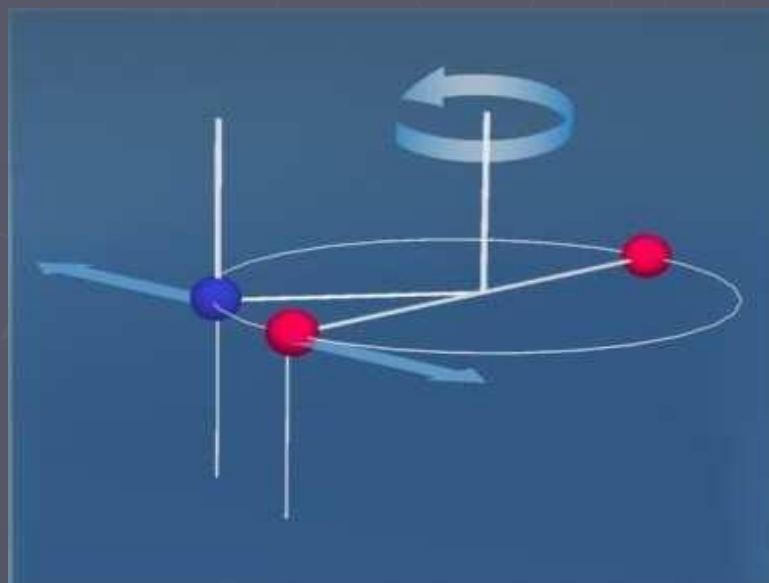
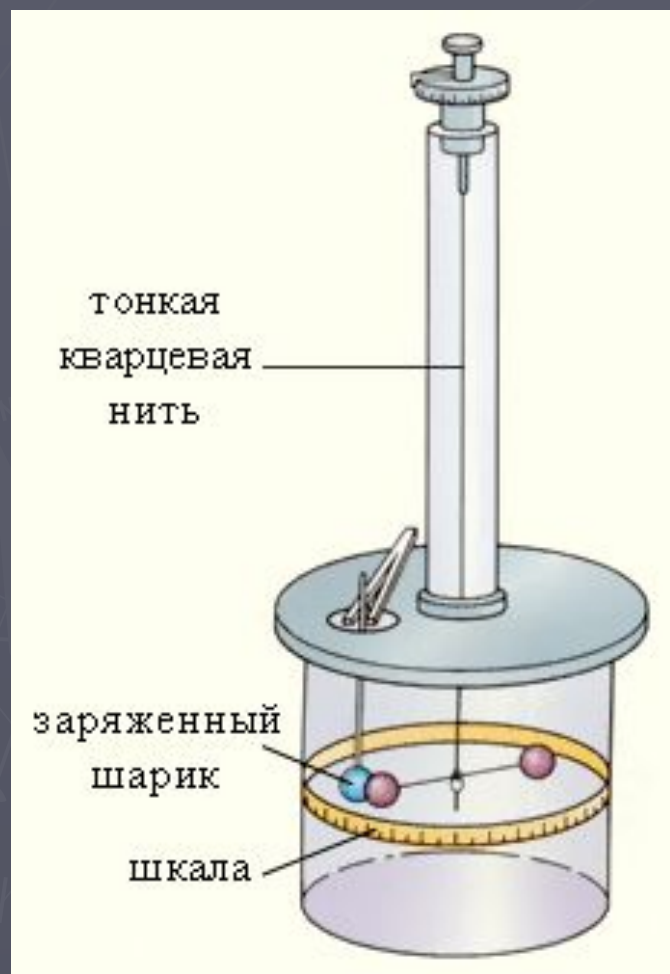
$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$



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





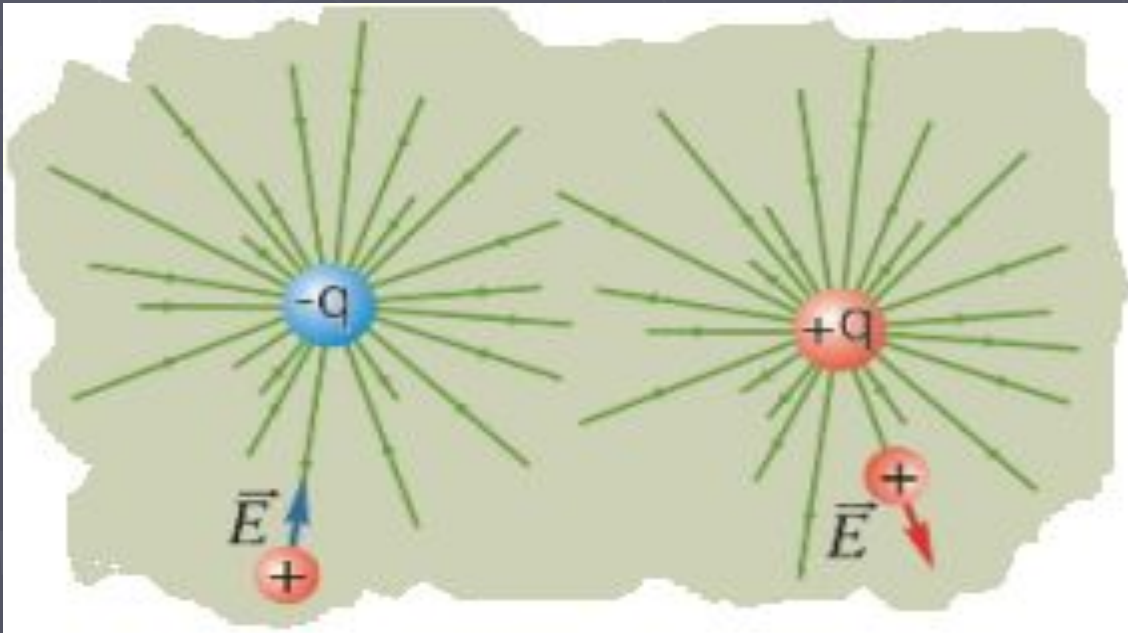
## 2. Электрическое поле и его характеристики

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.



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

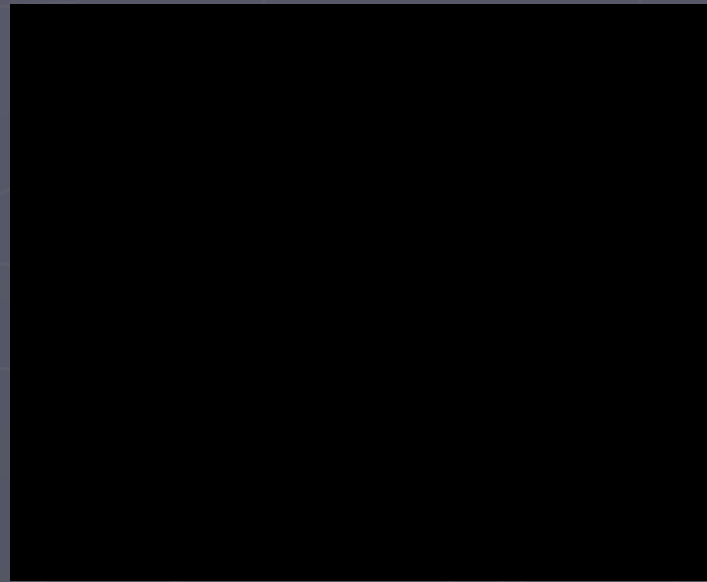
# Линии напряженности (силовые линии)

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

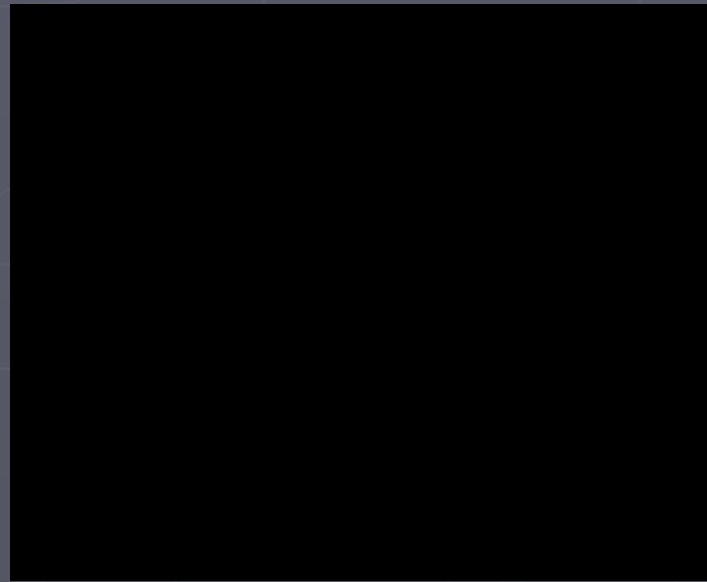
Данный способ изображения предложил английский физик М. Фарадей в 30-х годах XIX века.

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



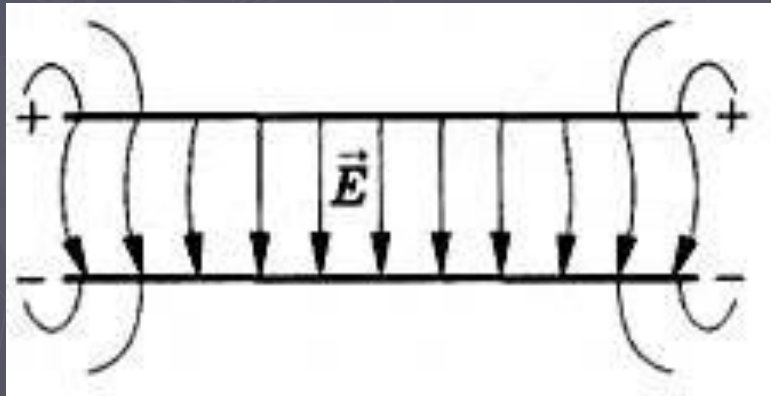
# Силовые линии однородного электрического поля



# Графическое изображение силовых линий электрических полей

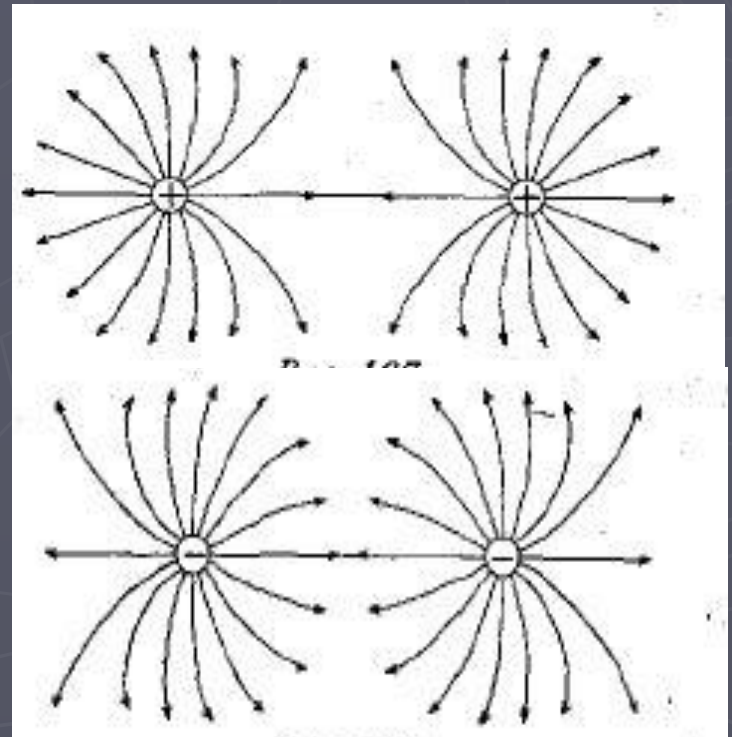
## Однородное электрическое

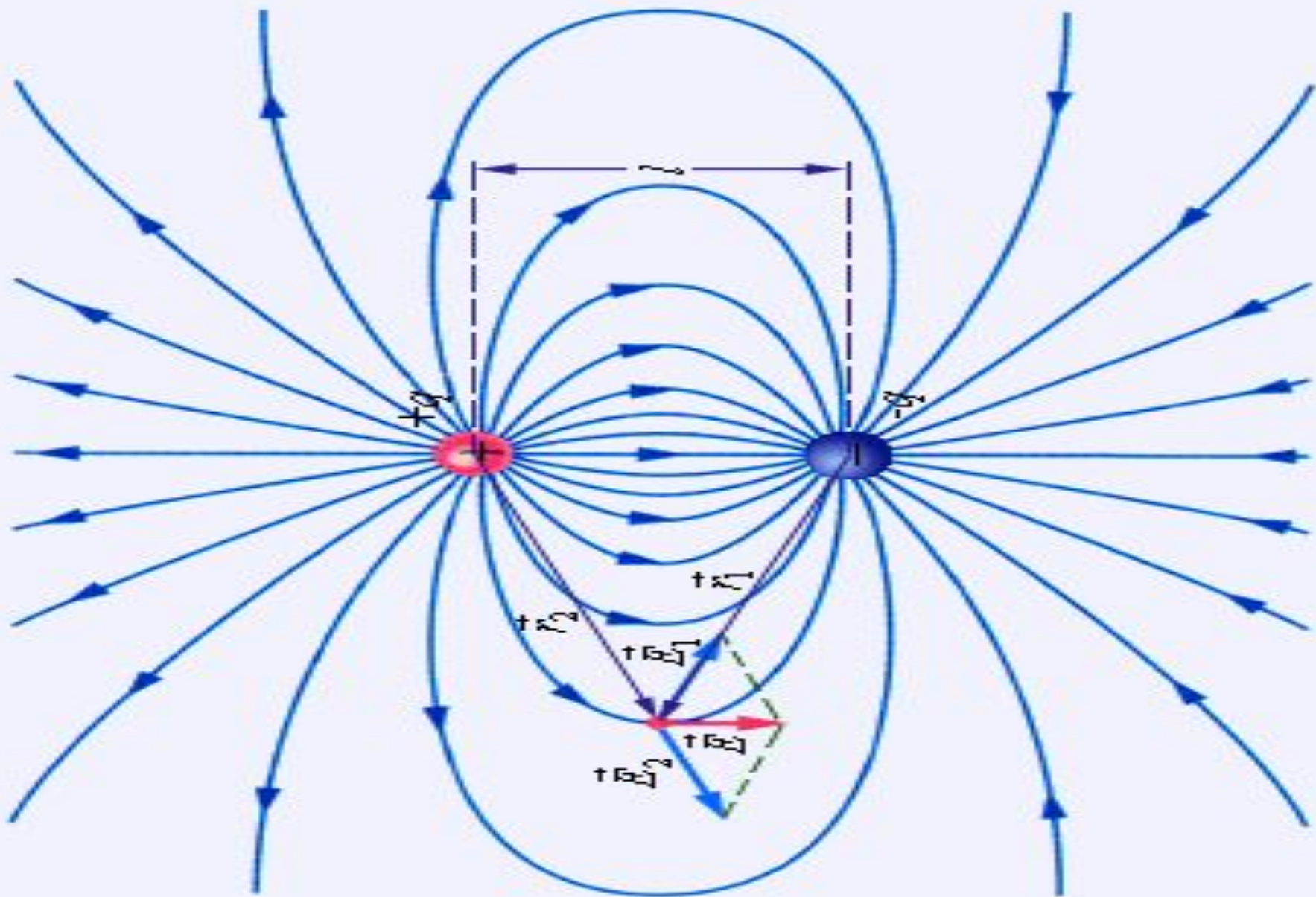
поле: электрическое поле, напряженность которого в каждой точке постоянно по модулю и направлению



## Неоднородное

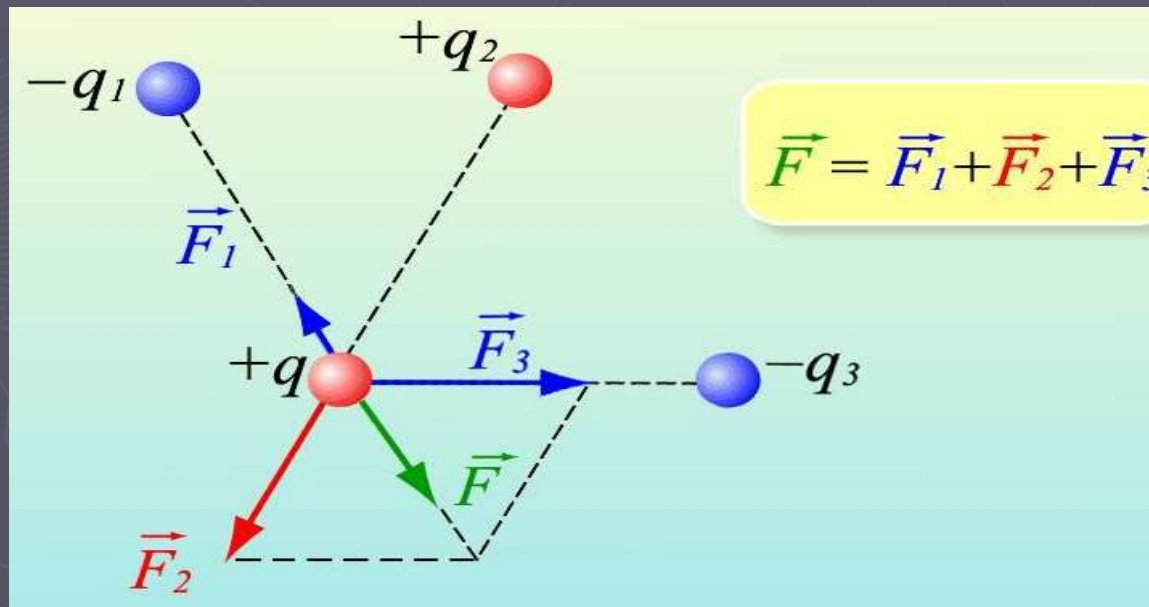
электрическое поле: обратное однородному электрическому полю





# 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.

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

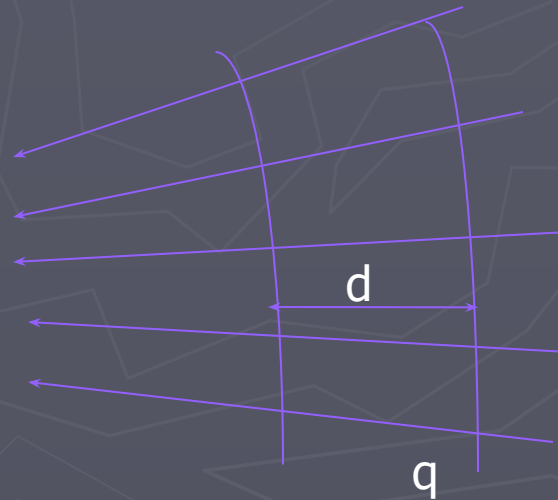
Силовые поля, в которых работа не зависит от формы пути, называют потенциальными, следовательно, не изменяющееся во времени электрическое поле является потенциальным.

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  
 $\varphi$  – 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

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

# 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