

# ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В ВАКУУМЕ

# 1. Электромагнитное поле. Электрические заряды. Закон сохранения заряда.

- Электромагнитное поле является одной из форм материи и обладает массой, энергией, импульсом и т.д., как и вещество.
- Электрическое поле создается электрическими зарядами и изменяющимися магнитными полями и передает действие электрических сил.
- Магнитное поле создается движущимися электрическими зарядами и изменяющимися электрическими полями и передает действие магнитных сил.
- Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

- Любой другой электрический заряд является дискретным: он состоит из целого числа элементарных зарядов  $q = \pm |e| N$ , где  $N$  - целое (1, 2, 3 ...) положительное число.

Электрический заряд - неотъемлемое свойство заряженных элементарных частиц. Заряженная частица не может «потерять» заряд так же, как она не может «лишиться» массы.

*Закон сохранения электрического заряда: если система является замкнутой, то полный электрический заряд системы (алгебраическая сумма положительных и отрицательных зарядов) сохраняется:*

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

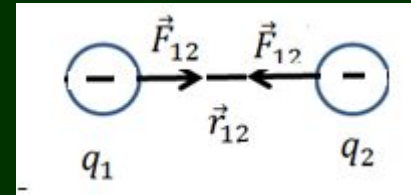
## 2. Закон Кулона

Количественно взаимодействие неподвижных точечных зарядов определяется законом Кулона

Согласно закону Кулона, электрическая сила, с которой точечный заряд  $q_1$  действует в вакууме на точечный заряд  $q_2$ , пропорциональна произведению зарядов, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и направлена по прямой, соединяющей заряды:

- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

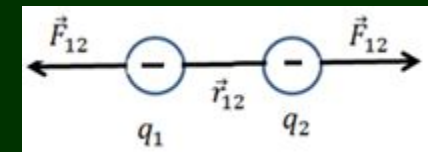
- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.



Модуль силы  $F_{12}$  равен:

где  $r$  – расстояние между зарядами.

- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.



### 3. Напряженность электрического поля

- Каждый заряд создает в окружающем пространстве электрическое поле (ЭП) и через него действует на другие заряды.
- Электрический заряд, которым создается ЭП, называется точечным зарядом  $q$ .
- Электрический заряд, с помощью которого обнаруживается и исследуется электрическое поле, называется *пробным зарядом*. Это точечный положительный заряд. Обозначим пробный заряд символом  $q_0$ .
- Силовой характеристикой ЭП является напряженность электрического поля.
  - *Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.*
  - *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
  - *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
  - *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.*

- **Электрический заряд** - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Подставим в формулу для напряженности:

- **Электрический заряд** - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Модуль вектора напряженности поля точечного заряда равен

• **Электрический заряд** - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.

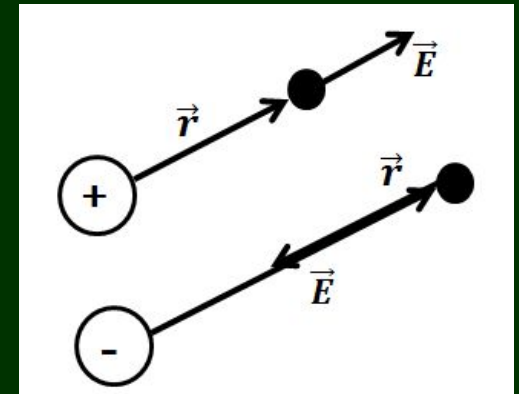
• За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).

• Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.

• Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Единицы измерения напряженности [В/м или Н/Кл]

Принцип суперпозиции: результирующая напряженности ЭП равна векторной сумме напряженностей, созданных каждым зарядом в отдельности.



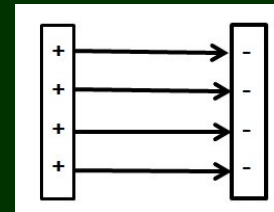
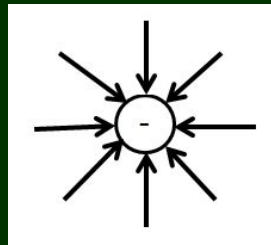
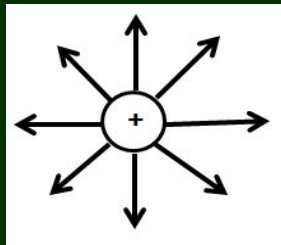
• **Электрический заряд** - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.

• За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).

• Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.

• Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

- *Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.*
  - *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
  - *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
  - *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны, одинакова и равна минимальному элементарному заряду:*
- 
- *Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.*
  - *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
  - *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
  - *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.*



## 4. Потенциал электростатического поля

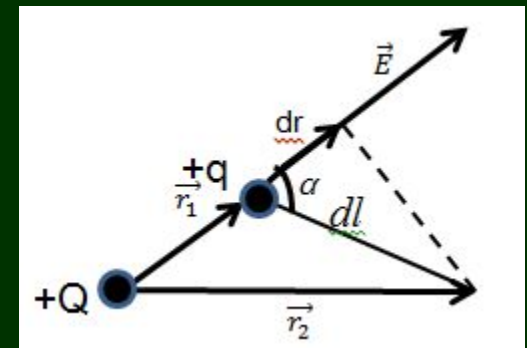
Пусть точечный положительный заряд  $q$  перемещается на расстояние  $dl$  в электрическом поле. На заряд действует поле с силой  $F$ , составляющей угол  $\alpha$  с направлением движения. При этом совершается элементарная работа

$$dA = F dl \cos \alpha$$

Но  $F = q_0 E$ , где  $E$  - напряженность поля. Следовательно,

$$dA = q_0 E dl \cos \alpha = q_0 E dr$$

- Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному



- Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Работа электрического поля не зависит от формы пути, по которому происходит движение заряда  $q$ , а зависит только от начального и конечного положений передвигающегося заряда, а так же от заряда, создающего поле. При движении заряда по замкнутому пути работа равна нулю. Поля, в которых работа по любому замкнутому контуру равна нулю, называют

потенциальными



# Отношение потенциальной энергии к пробному заряду называют потенциалом:

- Электрический потенциал – скалярная физическая величина, характеризующая способность электрического поля совершать работу по перемещению единичного положительного пробного заряда из бесконечно удаленной точки пространства в данную точку.
- Потенциал задан в СИ единицей В/м.
- Известны формулы для расчета потенциалов различных систем зарядов.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

# Потенциал – это энергетическая характеристика электрического поля. Учитывая, что потенциальная энергия:

- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая способность взаимодействовать с электрическим полем и способностью совершать работу. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- Электрический заряд в СИ измеряют в Кул (Кл).
- Известны формулы для расчета потенциалов различных систем зарядов.
- Установлено, что абсолютная величина элементарного заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

получим

- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая способность взаимодействовать с электрическим полем и способностью совершать работу. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- Электрический заряд в СИ измеряют в Кул (Кл).
- Известны формулы для расчета потенциалов различных систем зарядов.
- Установлено, что абсолютная величина элементарного заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

или

- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая способность взаимодействовать с электрическим полем и способностью совершать работу. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- Потенциал задан в СИ единицей В/м.
- Известны формулы для расчета потенциалов различных систем зарядов.
- Установлено, что абсолютная величина элементарного заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.



# Работа электрического поля равна разности потенциальной энергии:

- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая способность взаимодействовать с электрическим полем и способностью совершать работу. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- Потенциал задан в СИ единицей В/м.
- Известны формулы для расчета потенциалов различных систем зарядов.
- Установлено, что абсолютная величина элементарного заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

ил  
и

- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая способность взаимодействовать с электрическим полем и способностью совершать работу. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- Потенциал задан в СИ единицей В/м.
- Известны формулы для расчета потенциалов различных систем зарядов.
- Установлено, что абсолютная величина элементарного заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

# Эквипотенциальная поверхность – это поверхность, все точки которой имеют одинаковый потенциал.

Эквипотенциальные поверхности имеют следующие свойства:

## 1. Работа при перемещении заряда между любыми точками одной и той же эквипотенциальной поверхности равна нулю:

- Эквипотенциальной поверхностью называют поверхность, все точки которой имеют одинаковый потенциал. Эквипотенциальные поверхности являются замкнутыми поверхностями, охватывающими заряды, создающие поле. Эквипотенциальные поверхности являются перпендикулярными силовым линиям.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

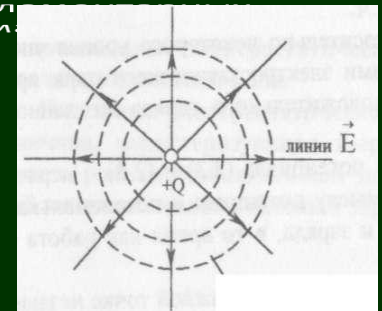
## 2. Вектора напряженности перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям. Действительно, т.к. работа определяется по формуле:

- взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

- **Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия.** Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- **За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).**
- **Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.**
- **Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.**

Так как

- свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.



# 5. Связь между напряженностью и потенциалом электростатического поля

При перемещении заряда  $q$  из точки 1 в точку 2 силы поля совершают работу, которая может быть выражена:

- *взаимодействие и определяющая интегральность этого взаимодействия. Электростатический зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.*
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному*

или

- *Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство частицы или тела в отношении электростатического взаимодействия. Это свойство обуславливает взаимодействие с другими заряженными телами, частицами, ионами, молекулами и др.*
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному*

Приравняв правые части и сократив на  $q$ , получим

- *Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство частицы или тела в отношении электростатического взаимодействия. Это свойство обуславливает взаимодействие с другими заряженными телами, частицами, ионами, молекулами и др.*
  - *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
  - *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
  - *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному*
- *Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство частицы или тела в отношении электростатического взаимодействия. Это свойство обуславливает взаимодействие с другими заряженными телами, частицами, ионами, молекулами и др.*
  - *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
  - *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
  - *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.*

- *Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство частицы или тела в отношении электростатического взаимодействия. Это свойство обуславливает взаимодействие с другими заряженными телами, частицами, ионами, молекулами и др.*
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.*

Так как потенциал может изменяться и вдоль осей  $y$  и  $z$ , то следует писать частную производную

Для нахождения вектора по его проекциям необходимо каждую проекцию умножить на единичный вектор соответствующей оси и затем сложить полученные векторы:

- *Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство частицы или тела в отношении электростатического взаимодействия. Это свойство обуславливает взаимодействие с другими заряженными телами, частицами, ионами, молекулами и др.*
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны, одинакова и равна минимальному элементарному заряду  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.*

# ИЛ И

- **Электрический заряд** - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

- **Электрический заряд** - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:

$$|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

- **Электрический заряд** - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:

**Напряженность в каждой точке электростатического поля равна по абсолютной величине и противоположна по направлению градиенту потенциала в этой же точке.**

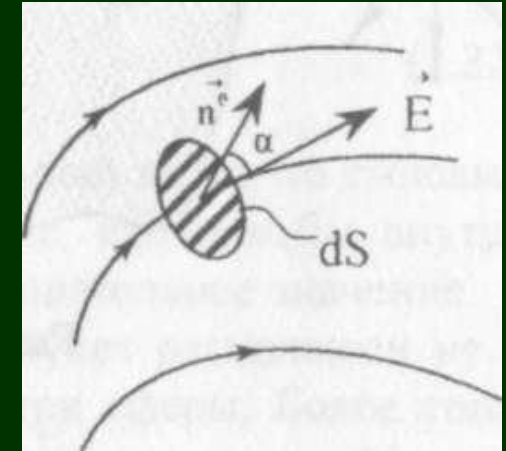
## 6. Поток вектора напряженности

- *Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия.* Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

- *Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия.* Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

### Единица потока вектора напряженности электростатического поля $\mathbf{E} \cdot \mathbf{m}$ .

- *Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия.* Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

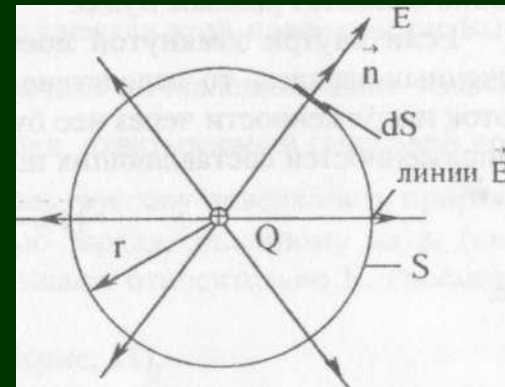


## 7. Теорема Остроградского-Гаусса

Определим поток вектора напряженности через замкнутую сферическую поверхность, в центре которой находится положительный точечный заряд  $Q$ .

Силовые линии из точечного положительного заряда исходят радиально, т.е. направлены перпендикулярно к поверхности сферы  
Силовые линии из точечного положительного заряда исходят радиально, т.е. направлены перпендикулярно к поверхности сферы

Напряженность поля в любой точке по поверхности сферы радиуса  $r$  одинакова и равна



- Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Поток напряженности

- Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.

- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).

- Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

- *Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.*
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.*

- *Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.*
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.*

- *Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.*
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.*

*Электрон, позитрон, протон, нейтрон, кварк, глюон, бозон, фотон, нейтрино, мюон, тау-лептон, античастицы, элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.*

- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*

□ *Теорема Остроградского-Гаусса: поток вектора напряженности электростатического поля в вакууме сквозь произвольную замкнутую поверхность равен алгебраической сумме заключенных внутри этой поверхности зарядов, деленной на электрическую постоянную.*

## 8. Применение теоремы Остроградского-Гаусса

Если заряд  $Q$  протяженный, его разбивают на элементарные порции  $dQ$ , которые можно считать точечными.

**Заряд, распределенный по объему, поверхности и линии, называют объемным, поверхностным, линейным.**

- **Электрический заряд** – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
  - За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
  - Известно два рода электрических зарядов, условно называемых **положительными** и **отрицательными**.
  - Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна **минимальному** заряду.
- \* Электрический заряд – физическая величина, характеризующая способность тел взаимодействовать электромагнитными полями.  
Элементарными зарядами являются электроны, протоны, позитроны.  
\* Заряды двух электронов (или двух протонов) одинаковы по величине, но противоположны по знаку.  
\* Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному заряду.  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

□ **линейная плотность заряда** – это заряд, приходящийся на единицу длины:

- **Линейная плотность заряда** – физическая величина, характеризующая способность тел взаимодействовать электромагнитными полями.  
Элементарными зарядами являются электроны, протоны, позитроны.  
\* Заряды двух электронов (или двух протонов) одинаковы по величине, но противоположны по знаку.
- **Длина** – физическая величина, характеризующая протяженность тел.
- **Заряд** – физическая величина, характеризующая способность тел взаимодействовать электромагнитными полями.  
\* Заряды двух электронов (или двух протонов) одинаковы по величине, но противоположны по знаку.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному заряду.  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

□ **объемная плотность заряда** – это заряд, приходящийся на единицу объема:

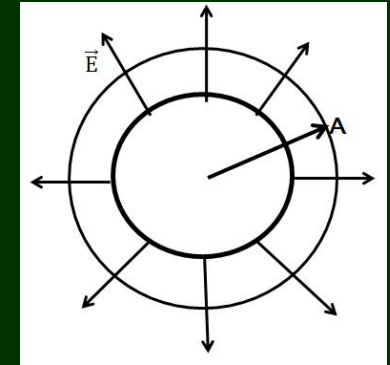
- **Объемная плотность заряда** – физическая величина, характеризующая способность тел взаимодействовать электромагнитными полями.  
Элементарными зарядами являются электроны, протоны, позитроны.
- **Длина** – физическая величина, характеризующая протяженность тел.
- **Заряд** – физическая величина, характеризующая способность тел взаимодействовать электромагнитными полями.  
\* Заряды двух электронов (или двух протонов) одинаковы по величине, но противоположны по знаку.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному заряду.  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.



## 8.1 Напряженность электрического поля равномерно заряженной сферы

Пусть общий заряд сферы радиуса  $R$  равен  $Q$ . Поскольку она заряжена равномерно, то поле, окружающее ее, обладает сферической симметрией: его напряженность будет иметь в каждой точке направление радиус-вектора.

Определим напряженность в некоторой точке  $A$ , расположенной на расстоянии  $r$  от центра сферы. Проведем мысленно через эту точку сферическую поверхность (радиуса  $r$ ). Поток напряженности через эту поверхность



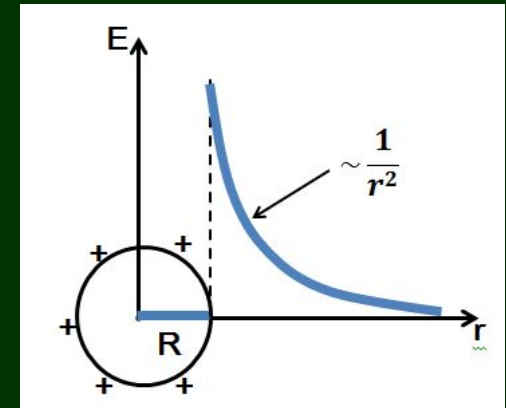
По теореме Остроградского-Гаусса поток напряженности равен:

- Электростатическое поле является потенциальным, т.е. его напряженность  $\vec{E}$  является градиентом скалярного потенциала  $\varphi$  (потенциала):  $\vec{E} = -\text{grad } \varphi$ .
- Векторы дивергенции  $\text{div } \vec{E}$  и ротора  $\text{rot } \vec{E}$  имеют следующие значения:  $\text{div } \vec{E} = \rho / \epsilon_0$  и  $\text{rot } \vec{E} = 0$ .
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны и др. элементарного заряда:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Следовательно  
0,

- Электрический заряд — скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов взаимодействовать в электромагнитном взаимодействии и определяющая величину силы взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи: электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ приняты кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна максимальной элементарному заряду:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

В точках, для которых расстояние меньше  $R$ , электрическое поле отсутствует, т.е. напряженность равна нулю, т.к. внутри сферы нет зарядов.



## 8.2 Напряженность поля объемно заряженного шара

Пусть шар радиуса  $R$  с общим зарядом  $Q$  заряжен равномерно с объемной плотностью  $\rho$

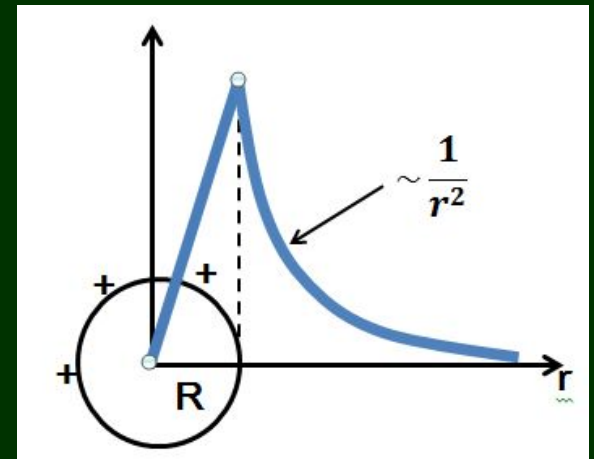
Для напряженности поля вне шара получится тот же результат, что и для равномерно заряженной сферы. Внутри же шара напряженность поля будет другая.

*Напряженность поля вне равномерно заряженного шара описывается формулой*

- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая способность тел взаимодействовать электромагнитными взаимодействиями. Электрические заряды обладают элементарные частицы материи: электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда СИ принят кулон (Кл).
- Известны два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

*Напряженность внутри заряженного шара изменяется линейно с расстоянием  $r$  согласно выражению*

- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая способность тел взаимодействовать электромагнитными взаимодействиями. Электрические заряды обладают элементарные частицы материи: электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда СИ принят кулон (Кл).
- Известны два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.



## 8.3 Напряженность поля равномерно заряженной бесконечной плоскости

- *Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.*
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.*

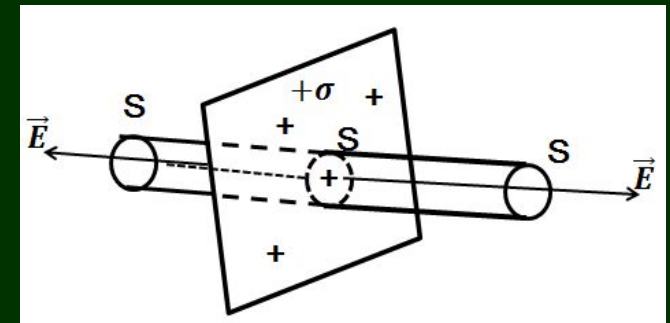
*Поток вектора напряженности сквозь боковую поверхность цилиндра равен нулю, а полный поток сквозь цилиндр равен сумме потоков сквозь его основания*

• Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.

• За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).

• Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.

• Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.



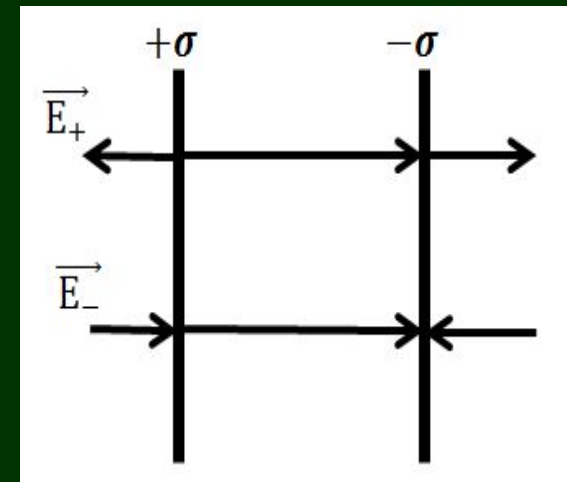
*Напряженность поля на любых расстояниях одинакова по модулю, иными словами, поле однородно*

## 8.4 Напряженность поля двух параллельных, бесконечных, разноименно заряженных плоскостей

- **Электрический заряд** – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- **За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).**
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

На рисунке верхние стрелки соответствуют полю от положительно заряженной плоскости, нижние — от отрицательной плоскости.

Слева и справа от плоскостей поля вычитаются (линии напряженности направлены навстречу друг другу), поэтому здесь напряженность поля  $E = 0$ .



В области между плоскостями  $E = E_+ + E_-$   
**Результирующая напряженность**

- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

• Электрическое поле действительное, действительная напряженность поля и потенциал скалярные действительные величины. Электрический заряд – действительная величина, заряд материи.

• За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).

• Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.

• Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

ИЛ  
И

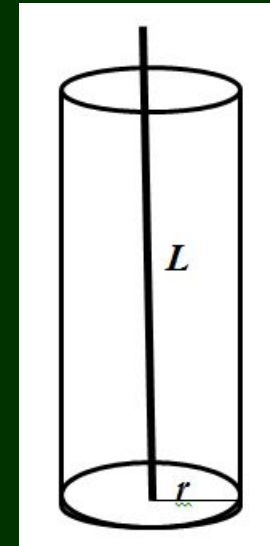
## 8.5 Напряженность поля вблизи равномерно заряженной нити (равномерно заряженного бесконечного цилиндра)

Пусть нить длиной  $L$  несет равномерно распределенный на ней заряд  $Q$ .

- Электронная оболочка атомов имеет отрицательный заряд, ядро атома — положительный. В целом атом имеет электрически нейтральный заряд.
- В обычных условиях электроны и ядра атомов находятся в равновесии.
- Условно, вблизи атома можно считать, что заряд сосредоточен в центре атома,  $r \ll 10^{-10}$  м.

Напряженность на расстоянии  $r$  от бесконечно заряженной нити равна:

- Электрический заряд — скалярная физическая величина, характеризующая способность материальных объектов влиять в электростатическом взаимодействии на другие материальные объекты. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи: электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда СИ принят кулон (Кл).
- Величина заряда электрически нейтрального тела всегда равна нулю.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|q| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.



# Проводники и диэлектрики в электрическом поле

В зависимости от способности проводить электрический ток все вещества делятся на проводники, диэлектрики (изоляторы) и полупроводники.

**Проводники** - это вещества, хорошо проводящие электрический ток. В таких веществах имеются свободные носители заряда, концентрация которых может достигать  $10^{29} \text{ м}^{-3}$ . Проводниками являются металлы, электролиты, расплавы, ионизованные газы, плазма и др.

**Диэлектрики** - это вещества, плохо проводящие электрический ток. При не слишком высоких температурах и при не очень сильных полях диэлектрики проводят ток в  $10^{15} - 10^{20}$  раз хуже, чем проводники. Свободных носителей заряда в диэлектриках почти нет. Диэлектриками являются газы при обычных условиях, многие чистые жидкости, слюда, фарфор, мрамор и др.

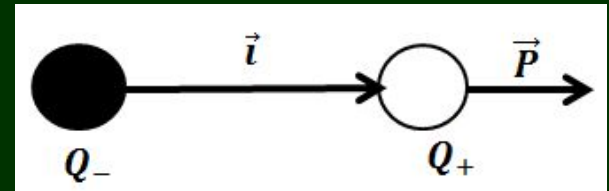
**Полупроводники** - это вещества, которые по своей способности проводить ток занимают промежуточное положение между проводниками и диэлектриками. К ним относятся некоторые химически чистые элементы (кремний, германий, селен и др.) и многие химические соединения.

## 1. Диполь. Поляризация диполя

**Электрический диполь** – система двух равных по модулю разноименных точечных зарядов (+Q, -Q), расстояние между которыми значительно меньше расстояния до рассматриваемых точек поля.

- *Электрический заряд* - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

• Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия.  
• За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).  
• Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.  
• Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.



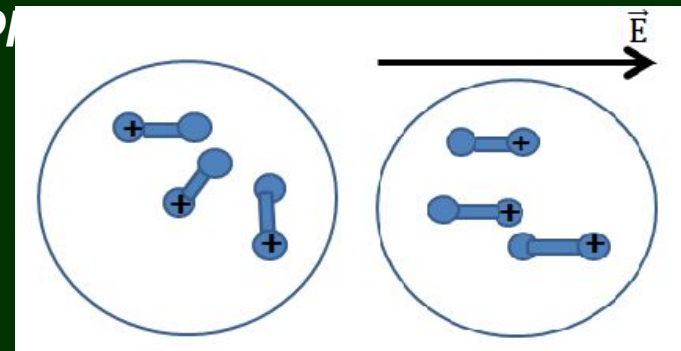


У некоторых диэлектриков ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$  и др.) молекулы имеют асимметричное строение: центры «тяжести» отрицательных и положительных зарядов у них не совпадают.

Таким образом, эти молекулы в отсутствие внешнего электрического поля обладают дипольным моментом. Их называют **полярными молекулами**.

При отсутствии внешнего поля дипольные моменты полярных молекул вследствие теплового движения ориентированы в пространстве хаотично и их суммарный момент равен нулю.

Но если такой диэлектрик поместить во внешнее электрическое поле, то силы поля будут стремиться повернуть диполи вдоль поля, в результате чего на поверхности диэлектрика появляются электрические заряды и возникает отличный от нуля результирующий дипольный момент. Это явление носит название **поляризации диэлектрика**. **Поляризацией диэлектрика называется процесс ориентации диполей или появление под воздействием электрического поля ориентированного диполя**



Другие диэлектрики ( $N_2$ ,  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  и др.) имеют симметричное строение молекул. У них центры «тяжести» положительных и отрицательных зарядов в отсутствие внешнего электрического поля совпадают. Их дипольный момент в силу этого равен нулю. Такие молекулы называют **неполярными**.

В электрическом поле вследствие деформации электронных оболочек атомов, образующих молекулу, происходит разделение центров положительного и отрицательного зарядов, вследствие чего молекула поляризуется и приобретает дипольный момент.

В электрическом поле оси таких молекул также ориентируются по полю тем более интенсивно, чем больше напряженность поля.

Однако отделить положительный заряд от отрицательного у диэлектрика нельзя; если разделить его на две или несколько частей, то на концах каждой части обнаружится электризация противоположного знака, которая исчезает после прекращения действия поля.

## Поляризация диэлектриков ослабляет в $\epsilon$ раз электрическое поле в них.

- *Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.*
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:*

$$|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

• Значение  $|e|$  совпадает с величинами абсолютной величины элементарных зарядов элементарных частиц, участвующих во взаимодействии электронов с электронами, электронов с позитронами, протонов с позитронами.

• Значение  $|e|$  совпадает с величинами элементарных зарядов элементарных частиц, участвующих во взаимодействии электронов с электронами, электронов с позитронами, протонов с позитронами.

• Значение  $|e|$  совпадает с величинами элементарных зарядов элементарных частиц, участвующих во взаимодействии электронов с электронами, электронов с позитронами, протонов с позитронами.

Относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$  есть величина безразмерная она количественно характеризует свойство диэлектрика поляризоваться в электрическом поле.

## *2. Проводники в электрическом поле*

Под влиянием электрического поля свободные электроны проводника начнут перемещаться против поля. В результате одна часть поверхности проводника зарядится отрицательно, а другая, на которой окажется недостаток электронов - положительно. Это явление называется *электростатической индукцией*.

*Индукцированные заряды создают внутри проводника свое собственное поле, которое, очевидно, будет направлено противоположно внешнему полю, первоначально пронизывающему проводник.*

*Перераспределение зарядов будет происходить до тех пор, пока внешнее поле внутри проводника не скомпенсировано собственным полем индуцированных зарядов. При этом перераспределение зарядов прекратится и поле внутри проводника станет равным нулю.*

Таким образом, внутри проводника, помещенного в электрическое поле, поле отсутствует. Это означает, что все точки проводника имеют одинаковый потенциал, т.е. что проводник является *эquipотенциальным телом, а поверхность его является столь сильным, что оказывается способным ионизировать молекулы воздуха. Возникает явление, называемое стеканием зарядов.*

При сообщении уединенному проводнику заряда  $q$  его потенциал изменяется на  $\Delta\phi$ . Опыт показывает, что между  $q$  и  $\phi$  всегда существует прямо пропорциональная зависимость

- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы – электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

- *Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.*
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.*

*Емкость уединенного проводника зависит от его размеров и формы, но совершенно не зависит от материала проводника, массы, его агрегатного состояния и температуры.*

*За единицу электроемкости уединенного проводника в СИ принимают электроемкость такого проводника, потенциал которого изменяется на 1 В при сообщении ему заряда в 1 Кл. Эта единица емкости называется фарадой:*

$$1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл} / 1 \text{ В}$$

### *3. Конденсаторы*

Приборы, способные накапливать заряд, называют конденсаторами.

Чтобы емкость  $C$  проводников не зависела от окружающих тел, нужно обеспечить наличие поля только между этими проводниками. Достигается это путем придания проводникам формы либо двух близко расположенных параллельных пластин, либо двух коаксиальных цилиндров, либо двух концентрических сфер и сообщения им равных по величине и противоположных по знаку зарядов.

***Системы, состоящие из двух разноименно заряженных проводников, расстояние между которыми значительно меньше их линейных размеров, называются конденсаторами.***

Форма обкладок определяет название конденсатора:

- плоский,
- цилиндрический,
- сферический и т.п.)

Зарядом конденсатора называют абсолютную величину заряда одной из обкладок.

*Емкостью конденсатора называется физическая величина численно равная отношению заряда конденсатора к абсолютной величине разности потенциалов между его обкладками:*

- Емкостью конденсатора называется физическая величина численно равная отношению заряда конденсатора к абсолютной величине разности потенциалов между его обкладками.
- Единица заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны и др. равна минимальному элементарному заряду  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

*Емкость конденсатора зависит от формы, размеров и взаимного расположения обкладок и от проницаемости  $\epsilon$  диэлектрика между обкладками.*

- *Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.*
- *За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*
- *Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*
- *Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны, одинакова и равна минимальному элементарному заряду:*

*Электрический заряд - скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи - электроны, протоны, позитроны и др.*

*За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).*

*Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.*

*Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны, одинакова и равна минимальному элементарному заряду  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.*

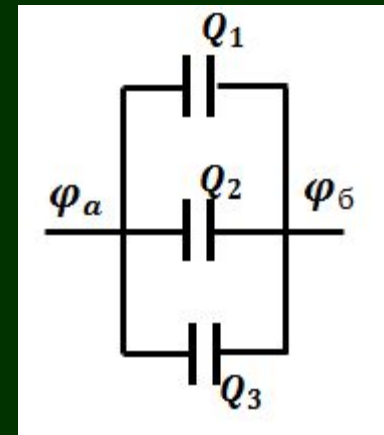
- Емкостью конденсатора называется физическая величина численно равная отношению заряда конденсатора к абсолютной величине разности потенциалов между его обкладками.
- Единица заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны, одинакова и равна минимальному элементарному заряду  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

## 4. Соединение конденсаторов

- **Электрический заряд** – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.
  - Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрические заряды обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
  - За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
  - Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
  - Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

ИЛ  
И

- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрические заряды обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.



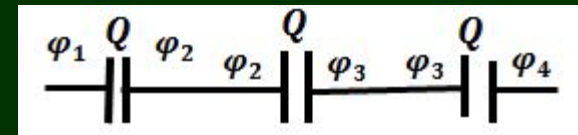
- при параллельном соединении конденсаторов емкость равна сумме емкостей конденсаторов



# При последовательном соединении заряды, всех обкладок будут одинаковыми по величине и равными $Q$ , а разность потенциалов

- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
- Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

## Емкость такой батареи



- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
  - За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
  - Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
  - Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.
- 
- Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
  - За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).
  - Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.
  - Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

• Электрический заряд – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.

• За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).

• Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.

• Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

# 5. Энергия заряженного конденсатора

- **Электрический заряд** – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- **За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).**
- **Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.**
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

- **Электрический заряд** – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- **За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).**
- **Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.**
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

- **Электрический заряд** – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- **За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).**
- **Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.**
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

- **Электрический заряд** – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- **За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).**
- **Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.**
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

- **Электрический заряд** – скалярная физическая величина, характеризующая свойство материальных объектов вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность этого взаимодействия. Электрическим зарядом обладают элементарные частицы материи – электроны, протоны, позитроны и др.
- **За единицу заряда в СИ принят кулон (Кл).**
- **Известно два рода электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными.**
- Установлено, что абсолютная величина электрического заряда таких элементарных частиц, как электроны, протоны, позитроны одинакова и равна минимальному элементарному заряду:  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.