

Электростатика

раздел электродинамики,
изучающий покоящиеся
электрически
заряженные тела

Существует два вида электрических зарядов:

- положительные (стекло о шелк)
- отрицательные (эбонит о шерсть)

разноименные заряды – притягиваются.

одноименные заряды – отталкиваются.

Электризация тел – перераспределение заряда (заряженных частиц) между телами.

Способы электризации: трение, касание, влияние.

q - заряд

Единица измерения заряда

Кл - кулон

элементарный заряд – минимальный заряд ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл)

- Заряд любого тела кратен целому числу элементарных зарядов: $q = N \cdot e$
- Закон сохранения электрического заряда – в замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остается неизменной.

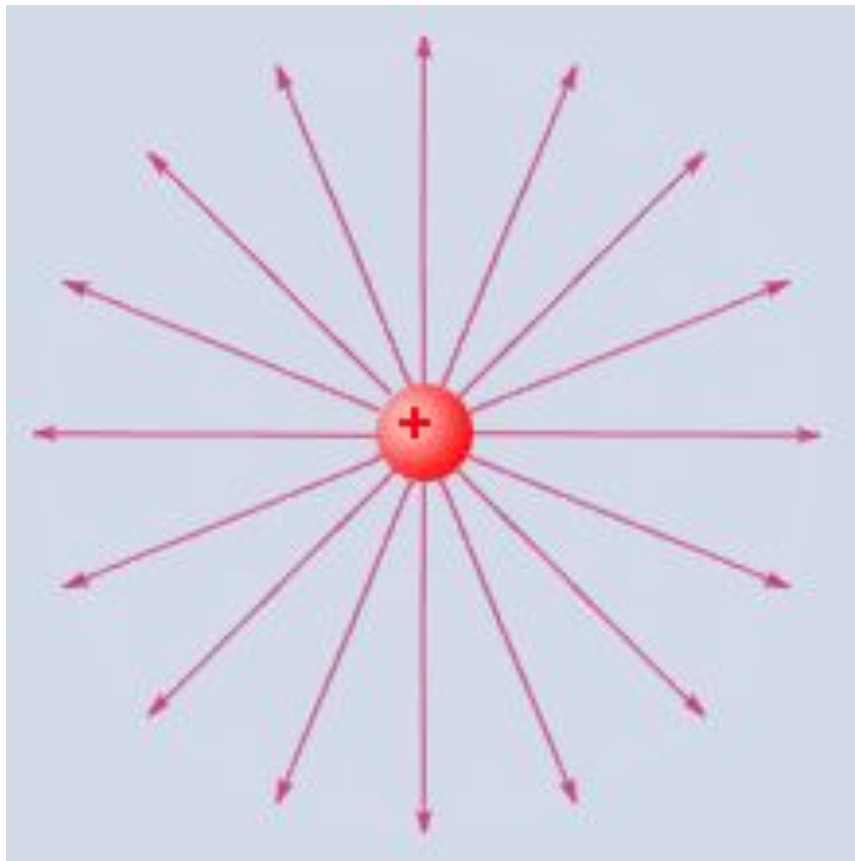
$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const}$$

Вокруг каждого заряженного тела создается электрическое поле.

1. Электрическое поле – особый вид материи.
2. Электрическое поле способно действовать с определенной силой на окружающие предметы. Эта сила называется электрической.
3. Чем больше заряд, тем сильнее поле вокруг него.
4. Чем дальше от заряженного тела, тем слабее поле.

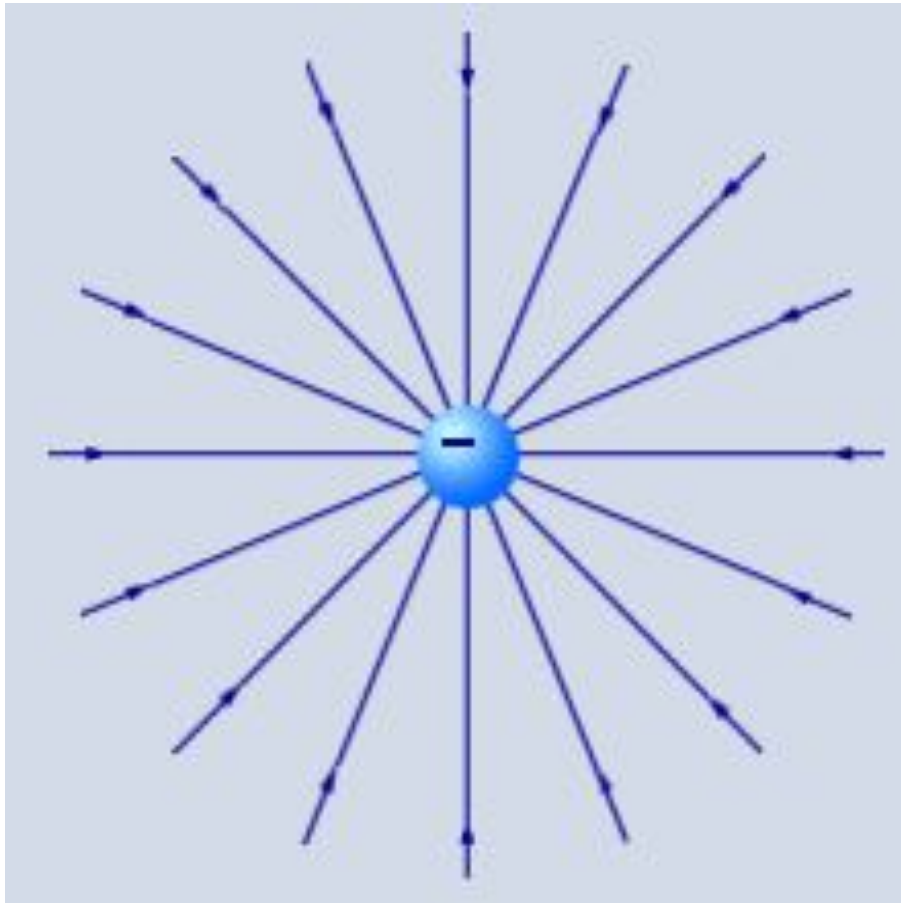
Электрическое поле изображается при помощи СИЛОВЫХ ЛИНИЙ.

- Положительный точечный заряд

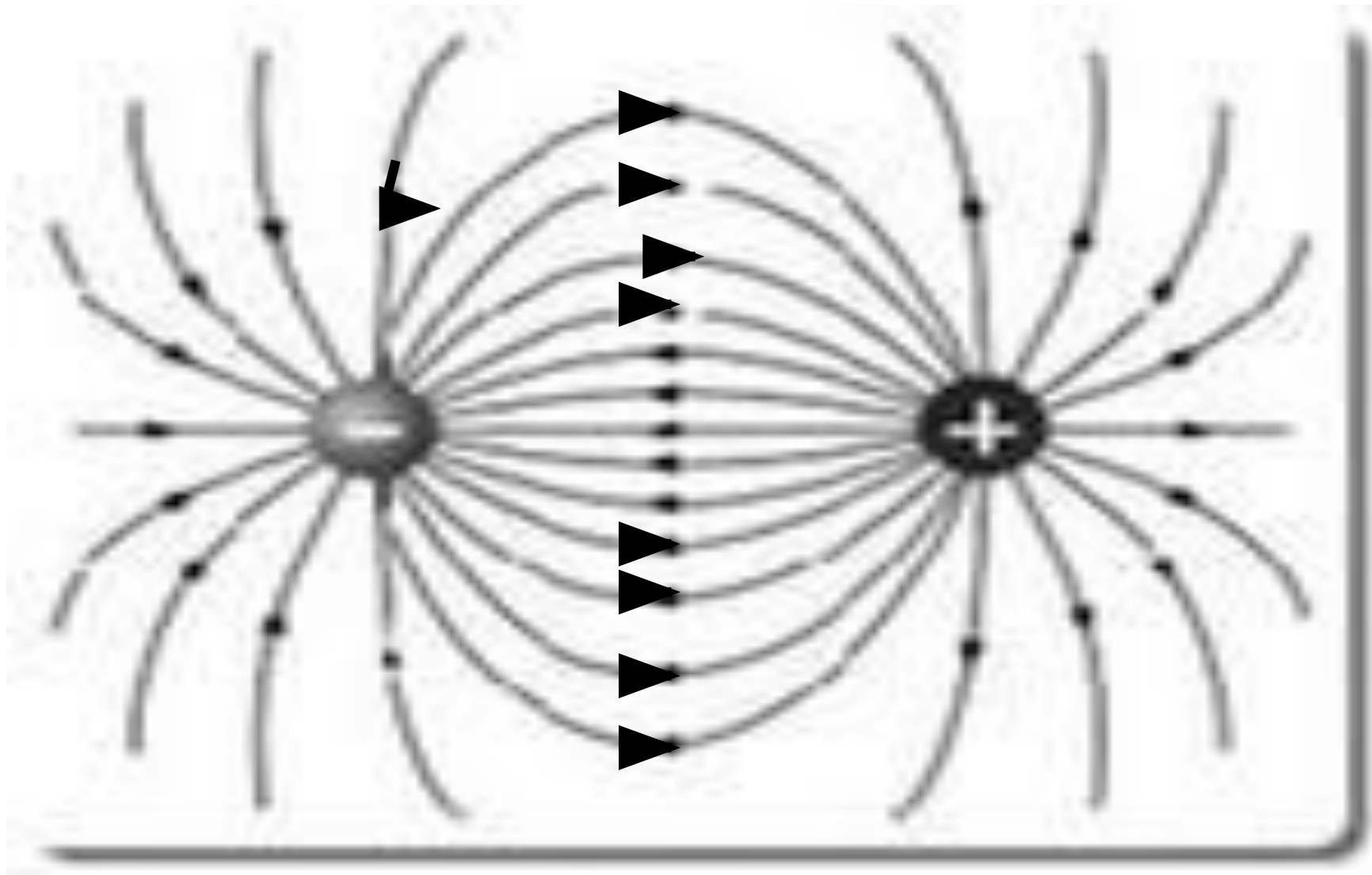


Линии напряженности

- Отрицательный точечный заряд

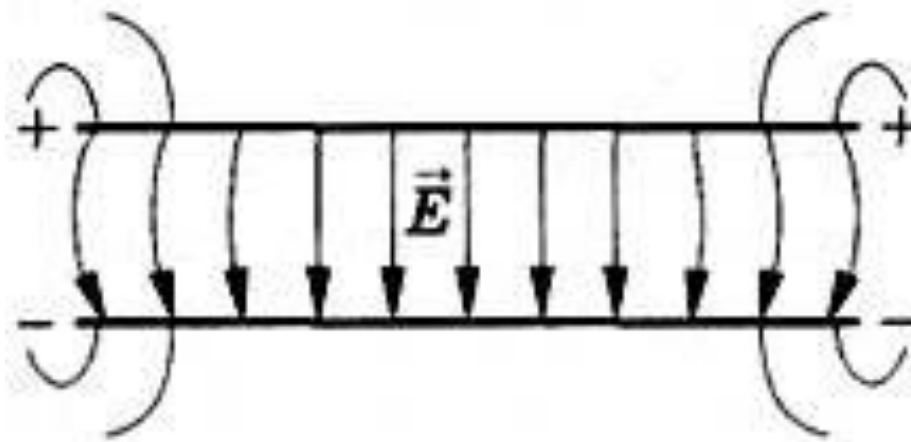


Два разноименных заряда



Линии напряженности

- Однородное электрическое поле

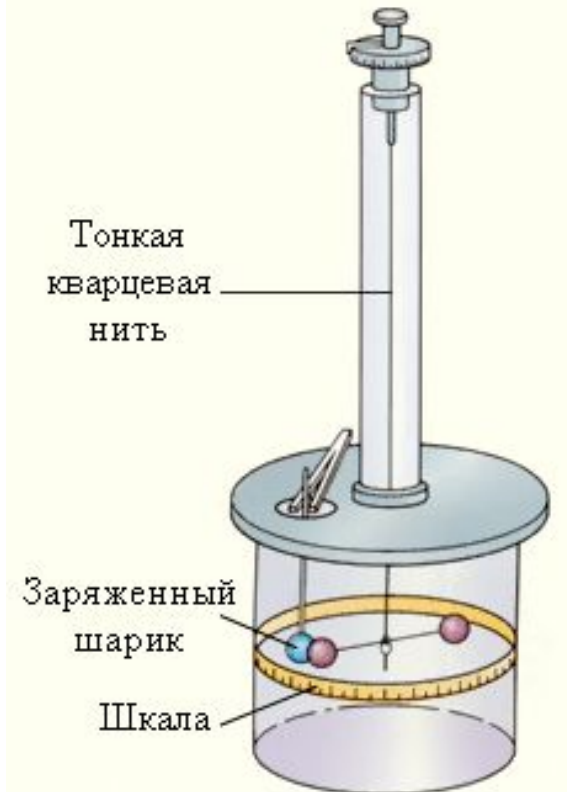


Закон Кулона



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

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



Сила взаимодействия направлена по прямой, соединяющей заряды, а её направление зависит от знаков зарядов: одноимённые заряды- отталкиваются, а разноимённые- притягиваются.

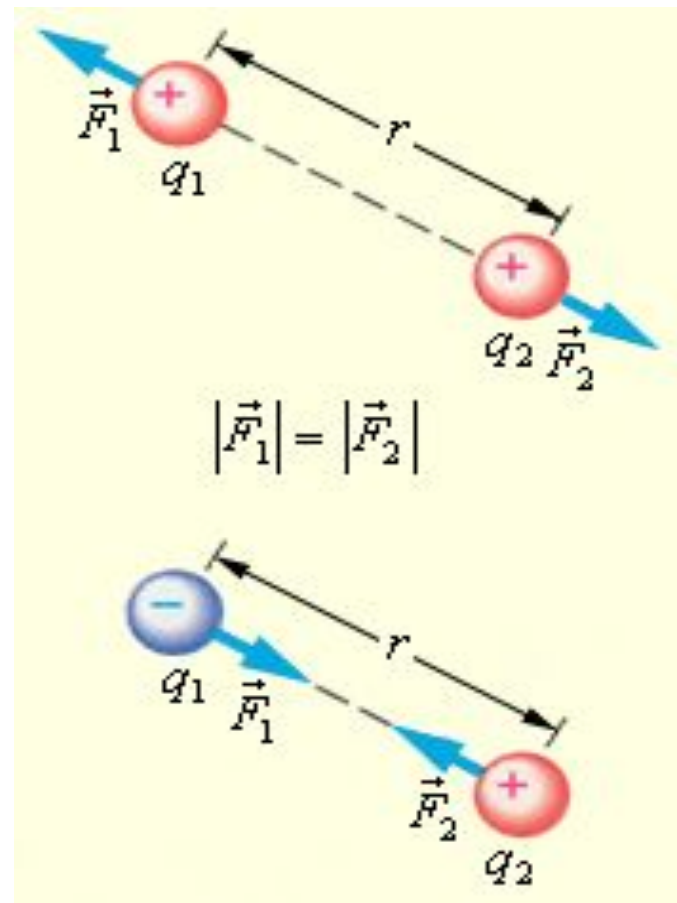
- Коэффициент пропорциональности

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

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

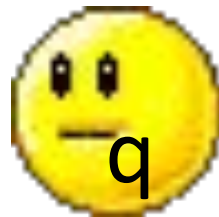
- Электрическая постоянная

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{Кл^2}{Н \cdot м^2}$$



**Пробный заряд –
точечный положительный
заряд.**

Напряженность поля



$$\frac{F_k^0}{q} = \frac{2F_k}{2q} = \frac{3F_k}{3q} = \textit{const}$$

- **Напряженность** - силовая характеристика электрического поля. $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$

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

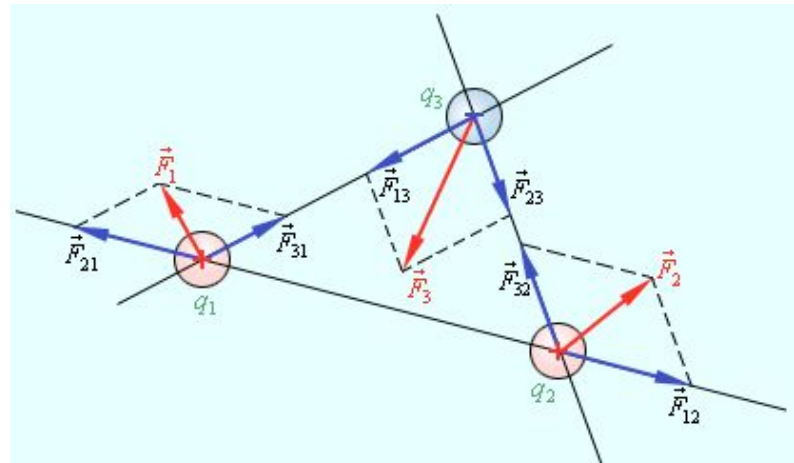
- **Единица измерения**. $\frac{Н}{Кл}$; $\frac{В}{м}$

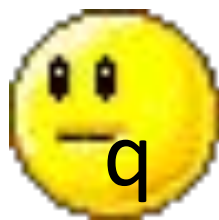
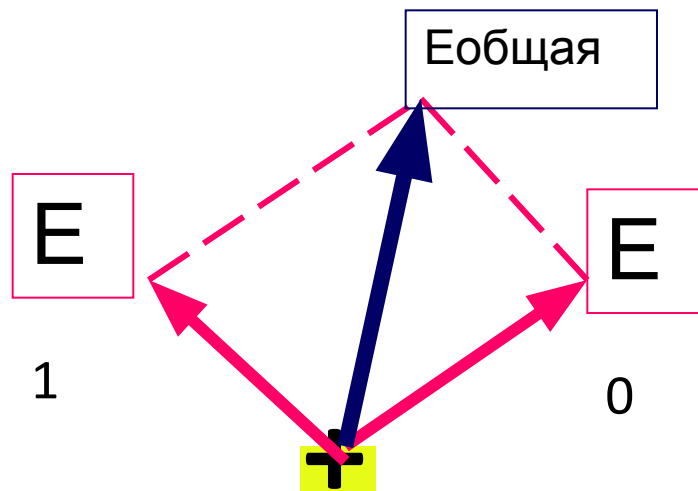
- **Напряженность поля точечного заряда.**

$$E = \frac{k \cdot |q_0|}{r^2}$$

- **Принцип суперпозиции (наложения) полей.**

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$





0



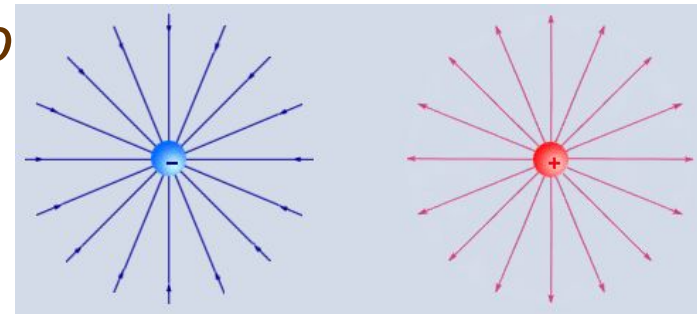
q

1

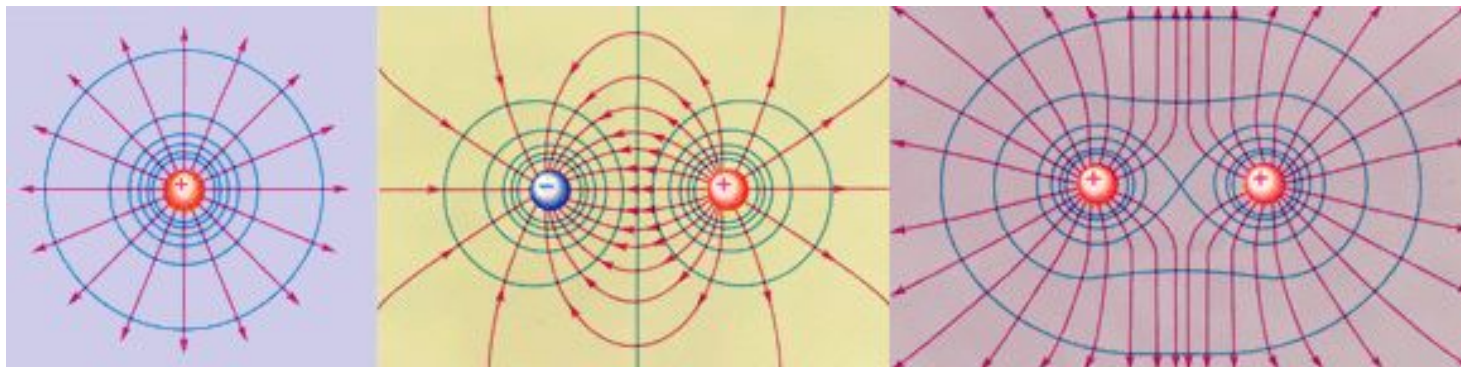
$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 \dots$$

Силовые линии электрического поля.

- **Линии напряженности электростатического поля** – линии, касательные к которым в каждой точке поля совпадают по направлению с вектором напряженности поля.



- Направление линий соответствует направлению силы, действующей на положительный заряд



Сила взаимодействия направлена по прямой, соединяющей заряды, а её направление зависит от знаков зарядов: одноимённые заряды- отталкиваются, а разноимённые- притягиваются.

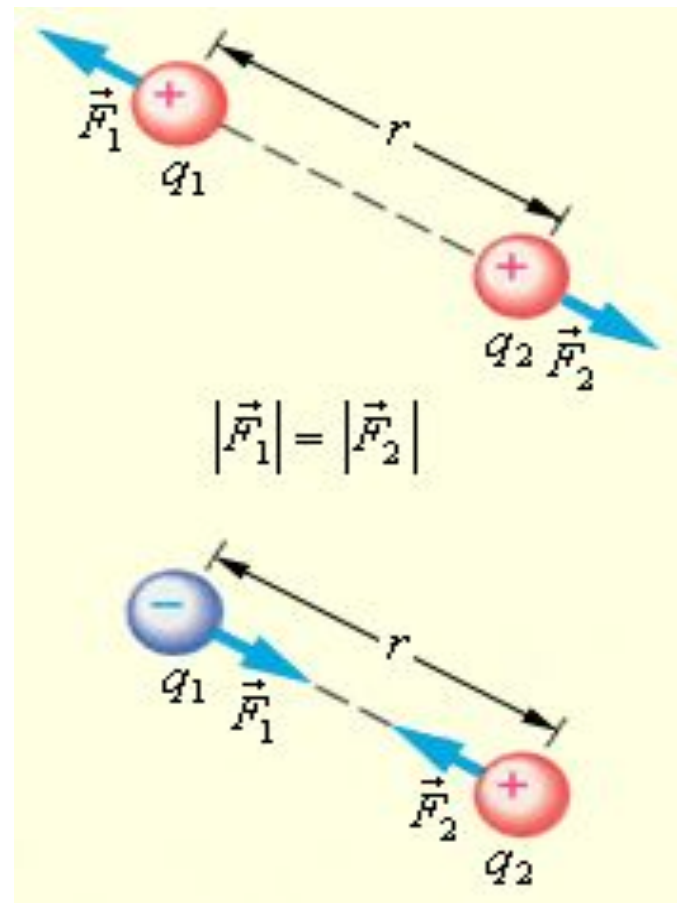
- Коэффициент пропорциональности

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

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

- Электрическая постоянная

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{Кл^2}{Н \cdot м^2}$$



Работа электрического поля

$$A_{12} = Fs \cdot \cos(\mathbf{F}, \mathbf{s}) = qE\Delta d.$$

$$A_{23} = 0, \text{ т.к. } \cos 90^\circ = 0.$$

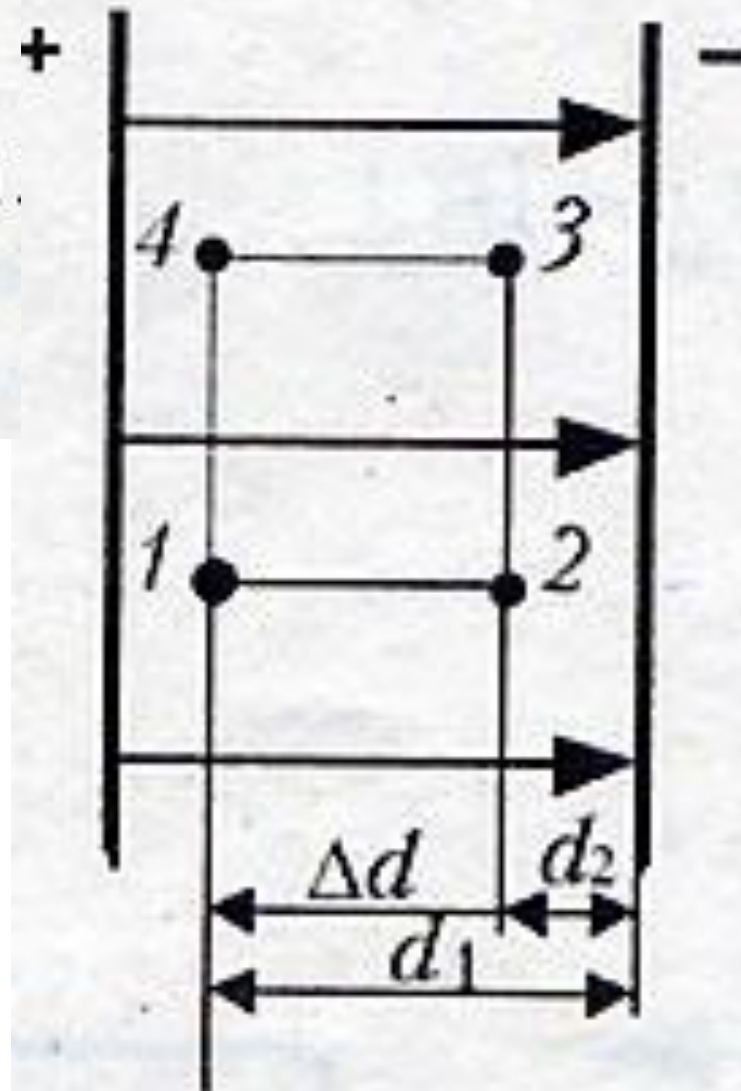
$$A_{34} = -qE\Delta d, \text{ т.к. } \cos 180^\circ = -1.$$

$$A_{41} = 0, \text{ т.к. } \cos 270^\circ = 0.$$

$$A_{1231} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 0.$$

$$A = qE\Delta d$$

Работа поля (эл. силы) **не зависит** от формы траектории и на замкнутой траектории = 0.



- **Электростатическая энергия** - потенциальная энергия системы заряженных тел (т.к. они взаимодействуют и способны совершить работу).

$$A = qE\Delta d = qE(d_1 - d_2) = -(qEd_2 - qEd_1)$$

$$A = -\Delta W_{\Pi} = -(W_{\Pi 2} - W_{\Pi 1}).$$

$$W_{\Pi} = qEd$$

- Если поле совершает положительную работу (вдоль силовых линий), то потенциальная энергия заряженного тела уменьшается (но согласно закону сохранения энергии увеличивается кинетическая энергия) и наоборот.

ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

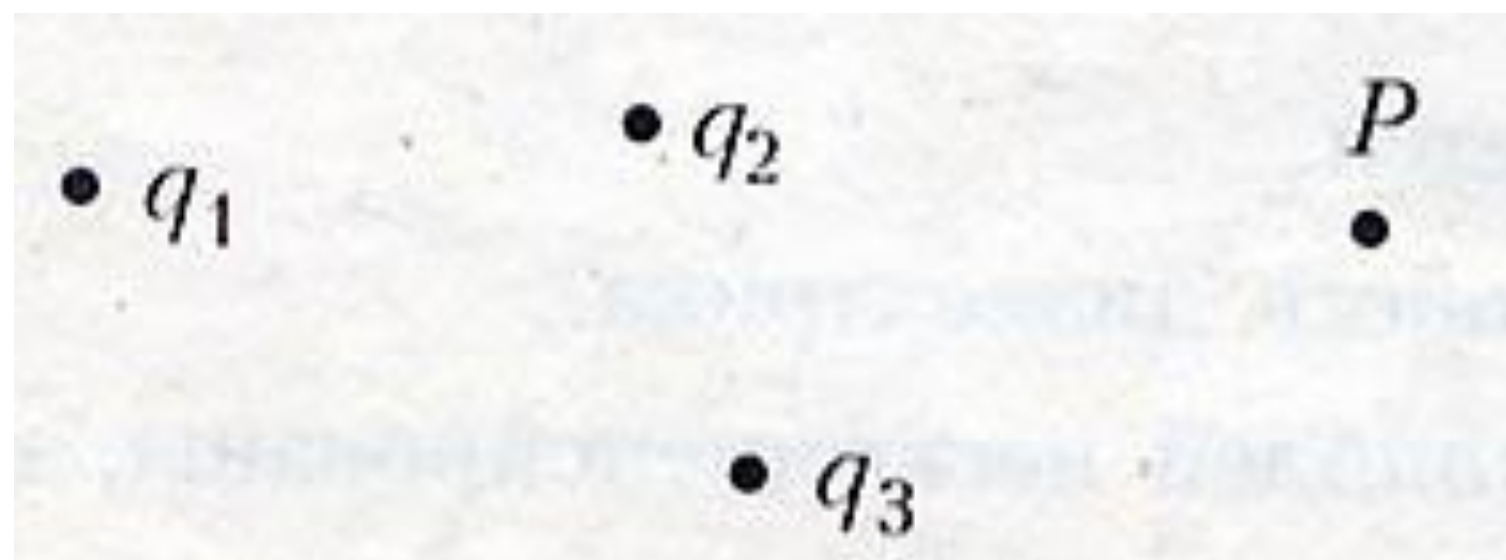
-энергетическая характеристика эл.

поля. Скалярная величина, определяющая потенциальную энергию единичного заряда в любой точке эл. поля.

$$\varphi = \frac{W}{q} = \text{const};$$

$$[\varphi] = \text{Дж} / \text{Кл} = 1\text{В}.$$

φ – скаляр; $\varphi > 0$, если $+q$, $\varphi < 0$, если $-q$.



$$\varphi = \pm \varphi_1 \pm \varphi_2 \pm \varphi_3$$

(принцип суперпозиции)

РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ (или иначе НАПРЯЖЕНИЕ)

- U - это разность потенциалов в начальной и конечной точках траектории заряда.

$$A = - (W_{n2} - W_{n1}) = -(q\varphi_2 - q\varphi_1) = q (\varphi_1 - \varphi_2).$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = \frac{A}{q}; \quad [U] = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}.$$

- Напряжение между двумя точками (U) равно разности потенциалов этих точек и равно работе поля по перемещению единичного заряда.

СВЯЗЬ МЕЖДУ НАПРЯЖЕННОСТЬЮ ПОЛЯ И РАЗНОСТЬЮ ПОТЕНЦИАЛОВ

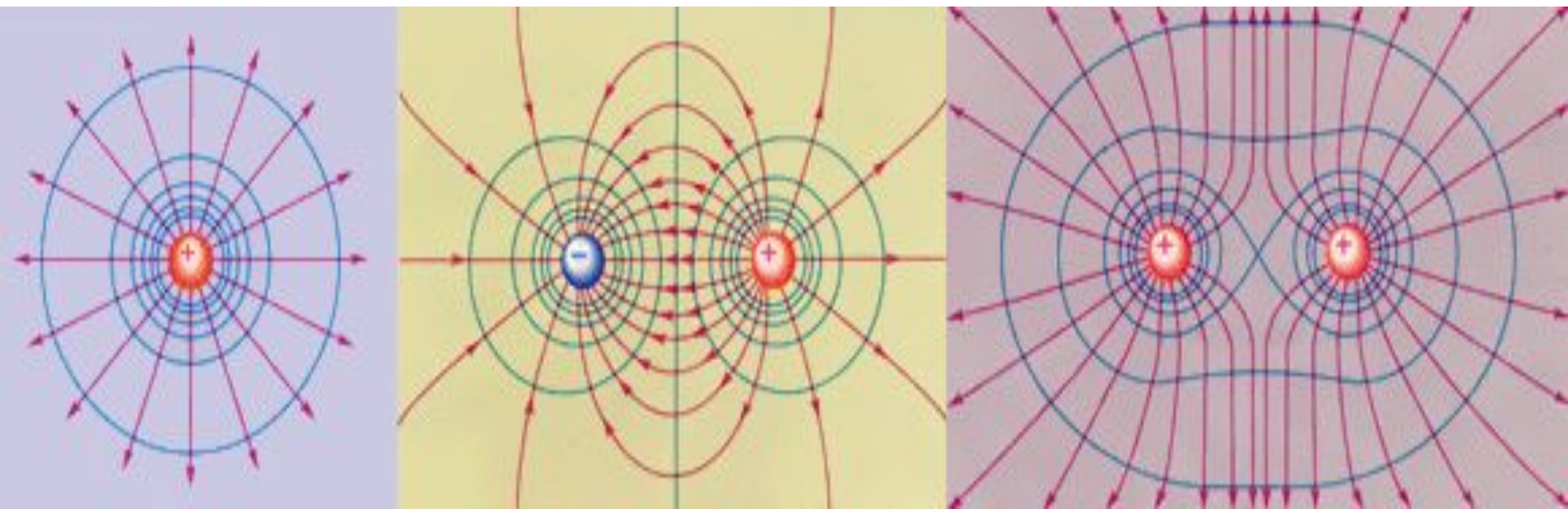
$$A = q \cdot E \cdot \Delta d$$

$$E = \frac{U}{\Delta d} \quad [E] = \text{В/м}$$

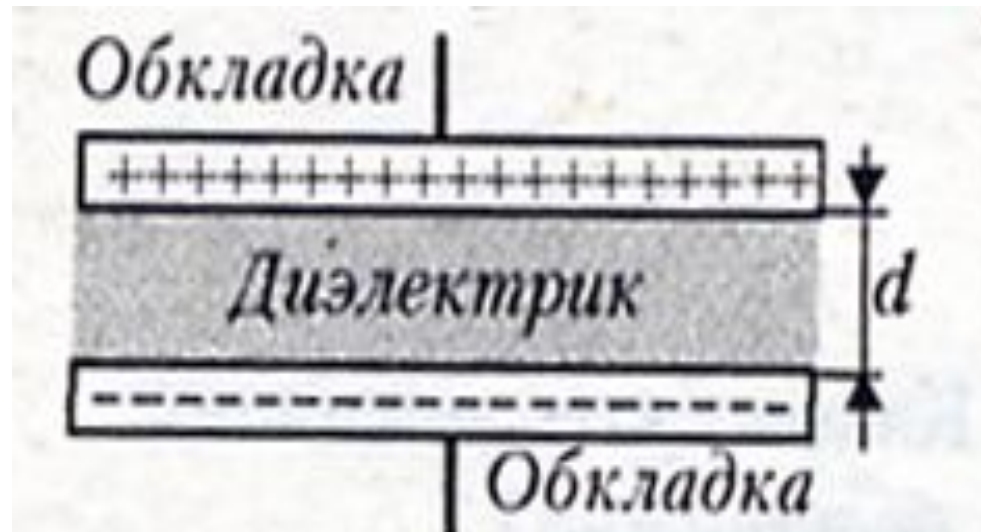
$$A = q \cdot U$$

ЭКВИПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

- - поверхности, все точки которых имеют одинаковый потенциал.



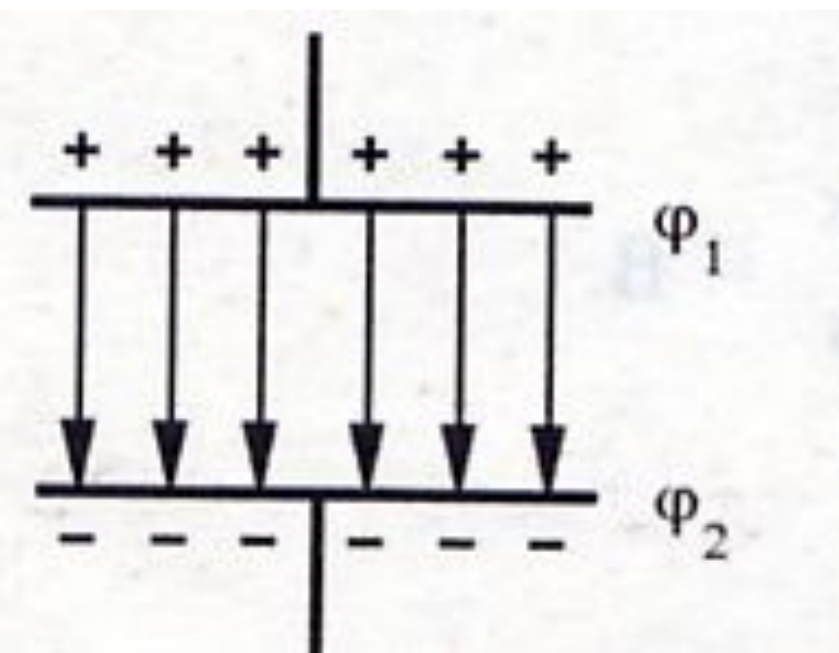
- **КОНДЕНСАТОРЫ** - два проводника, разделенных слоем диэлектрика, толщина диэлектрика много меньше размеров проводника.



Все электрическое поле сосредоточено внутри конденсатора. Заряд конденсатора - это абсолютное значение заряда одной из обкладок конденсатора

• **ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ (С)** -
характеризует способность
проводников накапливать
электрический заряд.

- зависит от геометрических
размеров проводников, их
формы, взаимного
расположения,
электрических свойств среды
между проводниками.



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

$$C = \frac{q}{U} = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$$

$$[C] = 1 \text{ Ф} = \frac{1 \text{ Кл}}{1 \text{ В}}$$

$$1 \text{ МКФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$$

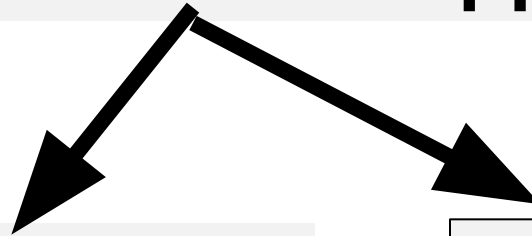
$$1 \text{ нФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$$

- **Электроемкость
плоского конденсатора**

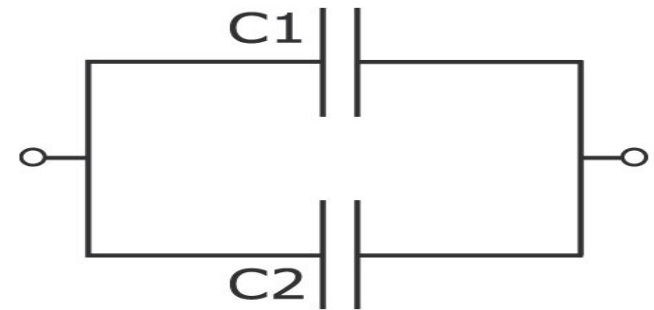
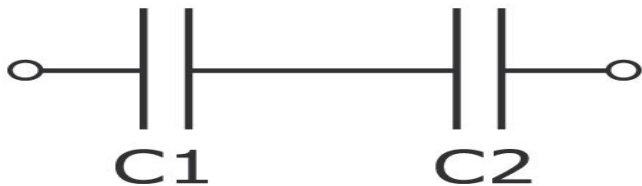
$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$

Соединение конденсаторов



Последовательное

Параллельное



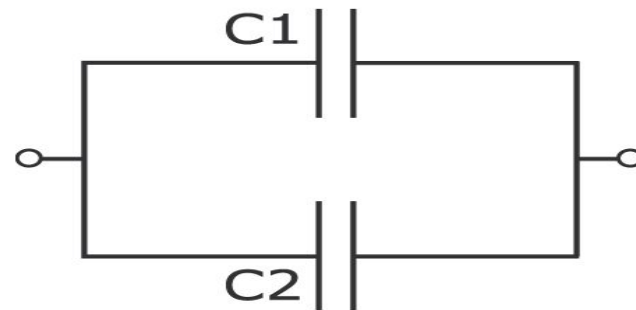
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C = C_1 + C_2$$

Соединение конденсаторов

Последовательное

Параллельное



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C = C_1 + C_2$$

$$q_1 = q_2 = q$$

формулы энергии заряженного конденсатора

$$W_p = \frac{qU}{2} \quad W_p = \frac{CU^2}{2}$$

$$W_p = \frac{q^2}{2C} \quad U = \frac{q}{C}$$

Энергия конденсатора равна работе, которую совершит электрическое поле при сближении пластин конденсатора вплотную, или равна работе по разделению положительных и отрицательных зарядов, необходимой при зарядке конденсатора.

Вещество в электрическом поле

По электрическим свойствам вещества делят



- **Проводники-**

вещества, в которых свободные заряды перемещаются по всему объёму.

- Свободные заряды-заряженные частицы одного знака, способные перемещаться под действием электрического поля.



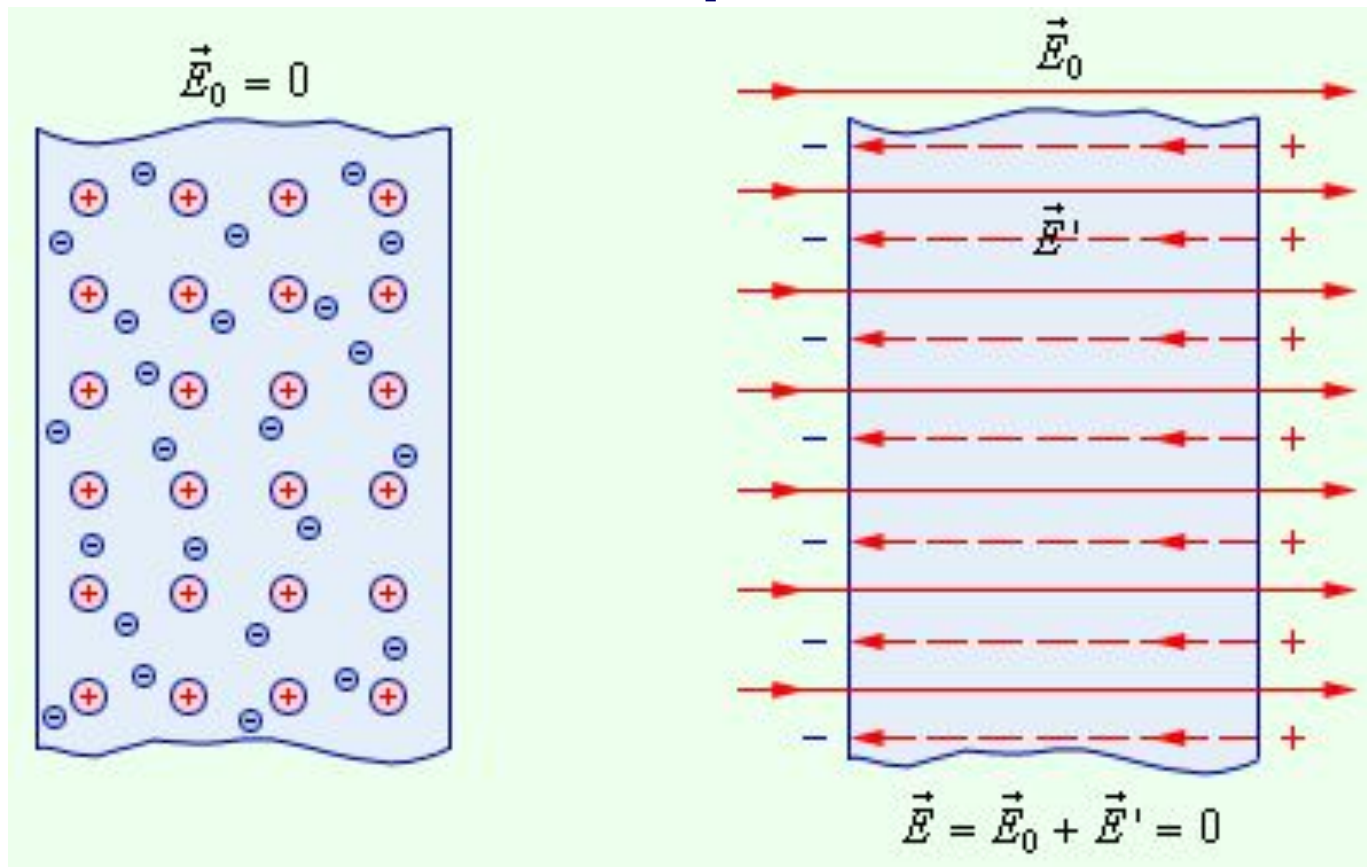
- **Диэлектрики-**

вещества, содержащие только связанные заряды.

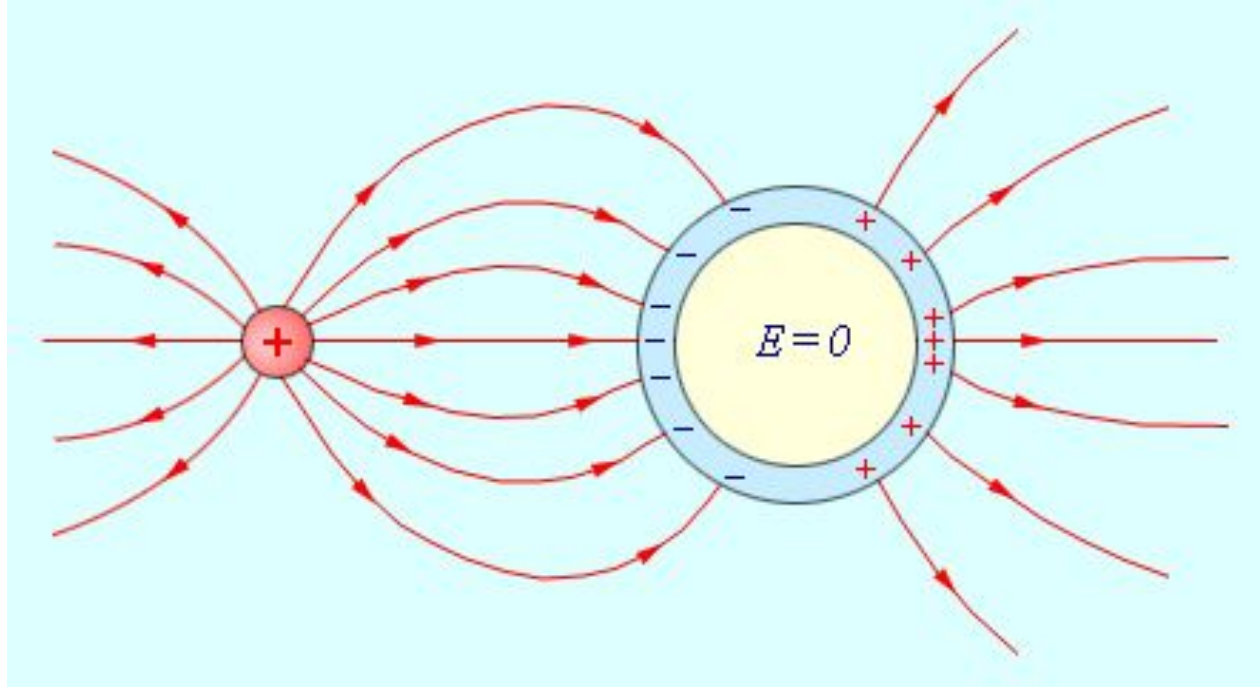
- Связанные заряды-разноимённые заряды, входящие в состав атомов и молекул, которые не могут перемещаться под действием поля независимо друг от друга.

Проводники в электрическом поле.

✓ Электростатическая индукция - разделение зарядов на поверхности проводника, помещенного в электростатическое поле.



Напряженность поля внутри проводника равна нулю (электростатическая защита).

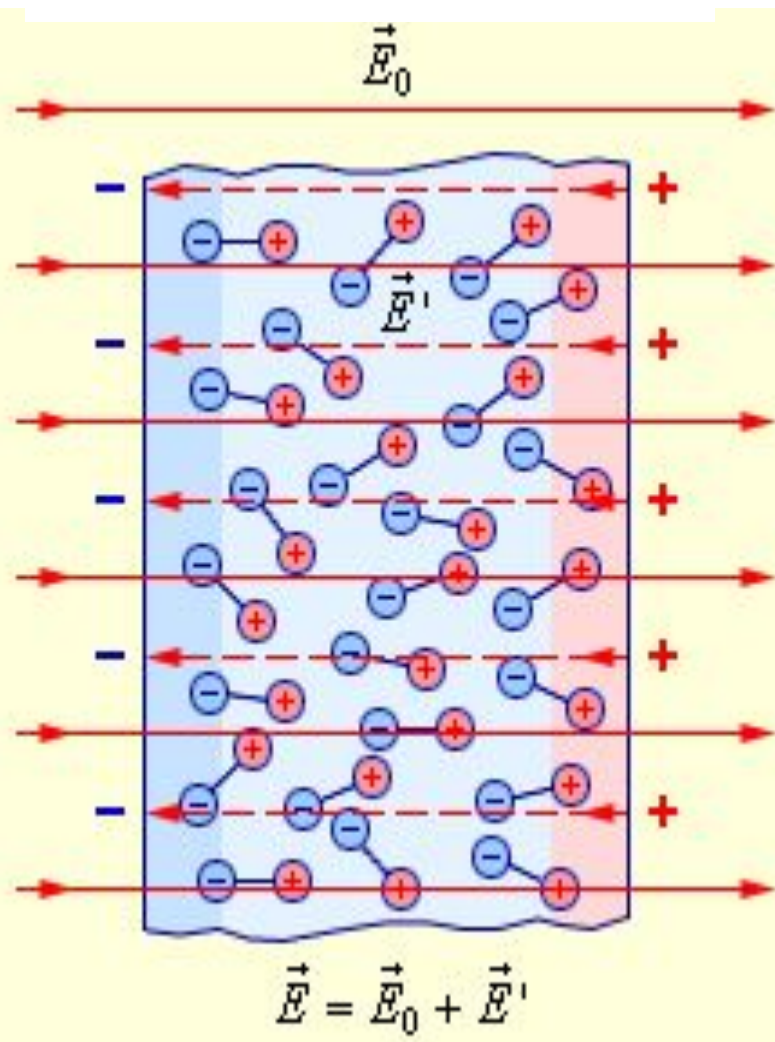
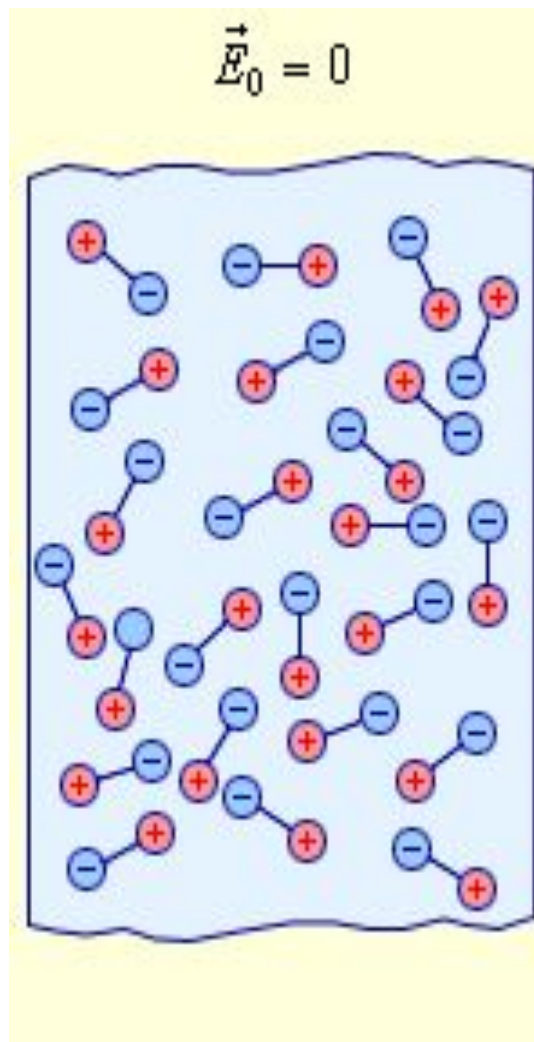


Линии напряженности перпендикулярны поверхности проводника.

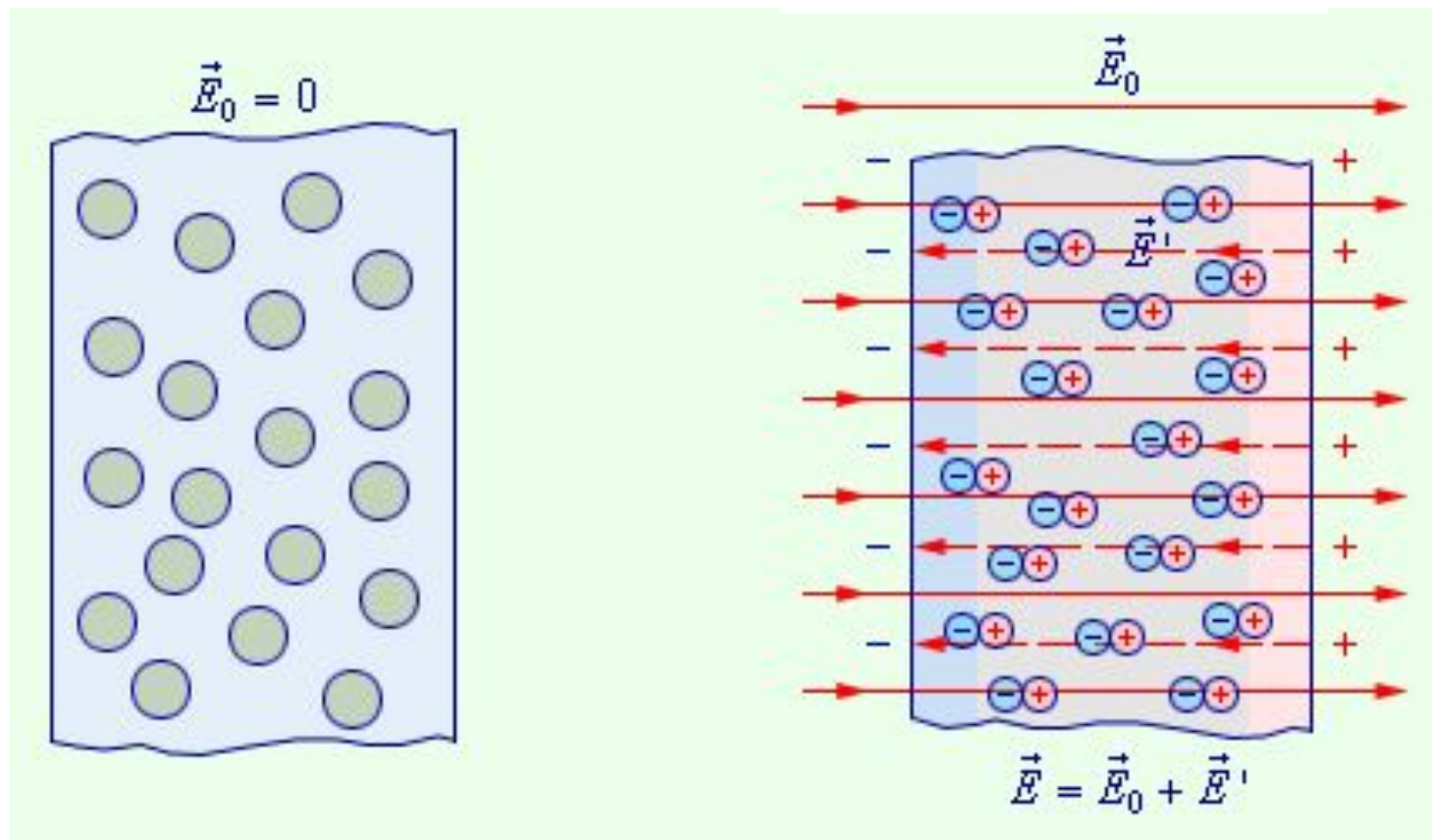
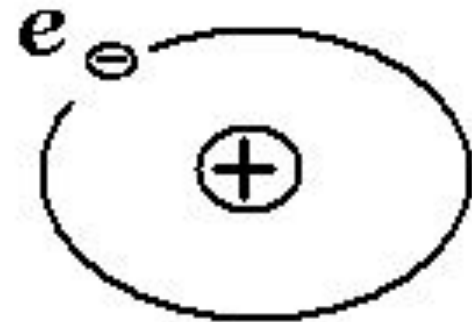
Диэлектрики в электрическом поле.



Полярные. Молекулы-диполи.



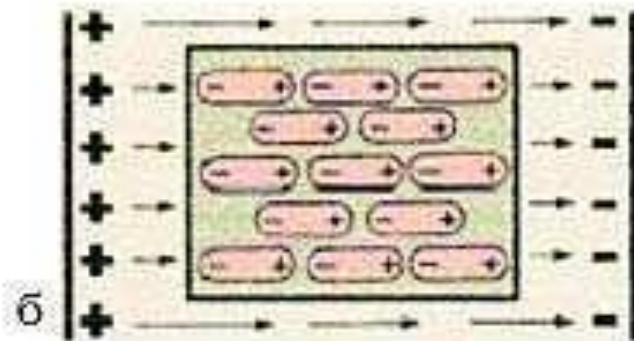
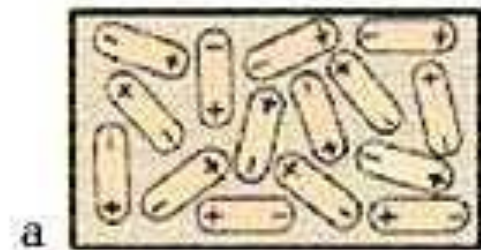
✓ Неполярные.



- Напряженность электрического поля в диэлектрике меньше, чем в вакууме.

ϵ - диэлектрическая проницаемость, показывает во сколько раз напряженность электростатического поля в диэлектрике меньше, чем в вакууме.

$$\epsilon = \frac{E_{\text{вак}}}{E_{\text{д}}}$$



Коэффициент в законе Кулона
зависит от диэлектрической
проницаемости среды

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0}$$

Два одинаковых шарика имеют заряды 2 нКл и -4нКл. Шарики приводят в соприкосновение и возвращают на прежние места.

Как изменилась сила

взаимодействия между шариками.

- $q_1 = 2 \text{ нКл}$

$$2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

- $q_2 = -4 \text{ нКл}$

$$-4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$\frac{F_1}{F} - ?$$

$$q_1 + q_2 = Q = 2q \text{ (закон сохранения } q \text{)}$$

$$Q = 2q \quad q = \frac{(2 - 4)10^{-9} \text{ Кл}}{2}$$

$$q = -1 \text{ нКл}$$

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad F_1 = k \frac{|q|^2}{r^2}$$

$$\frac{F_1}{F} = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \cdot \frac{k|q|^2}{r^2} = \frac{k|q_1|q_2}{r^2} \cdot \frac{r^2}{kq^2}$$

$$\frac{F_1}{F} = \frac{q_1 q_2}{q^2}$$

Схемы соединения конденсаторов

