

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

ЦЕЛЬ: ПОВТОРЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ, ЗАКОНОВ И ФОРМУЛ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В СООТВЕТСТВИИ С КОДИФИКАТОРОМ ЕГЭ.

Элементы содержания, проверяемые на ЕГЭ 2010:

1. Электризация тел
2. Взаимодействие зарядов. Два вида заряда
3. Закон сохранения электрического заряда
4. Закон Кулона
5. Действие электрического поля на электрические заряды
6. Напряженность электрического поля
7. Принцип суперпозиции электрических полей
8. Потенциальность электростатического поля
9. Потенциал электрического поля. Разность потенциалов
10. Проводники в электрическом поле
11. Диэлектрики в электрическом поле
12. Электрическая емкость. Конденсатор
13. Энергия электрического поля конденсатора

Электризация тел

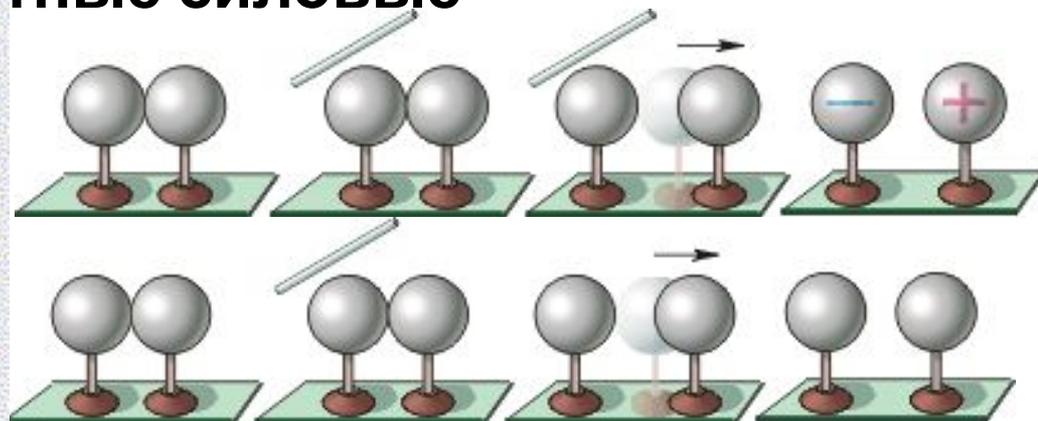
Электрический заряд (или Q) – это физическая скалярная величина, характеризующая свойство частиц или тел притягивать или отталкивать друг друга **электрическими силами**

- Силикон
- Стекло
- Плексиглас
- Нейлон
- Шерсть
- Шерсть кошки
- Шелк
- Целлюлоза
- Хлопок
- Янтарь
- Полиуретан
- Полистирол
- Поливинил
- Тефлон
- Эпоксидная смола
- Натуральный каучук
- Полиэтилен

(+)



(-)



Трибоэлектрическая шкала.

При трении двух материалов тот из них, что расположен в ряду **выше**, **заряжается положительно** и тем сильнее, чем более разнесены материалы по шкале.

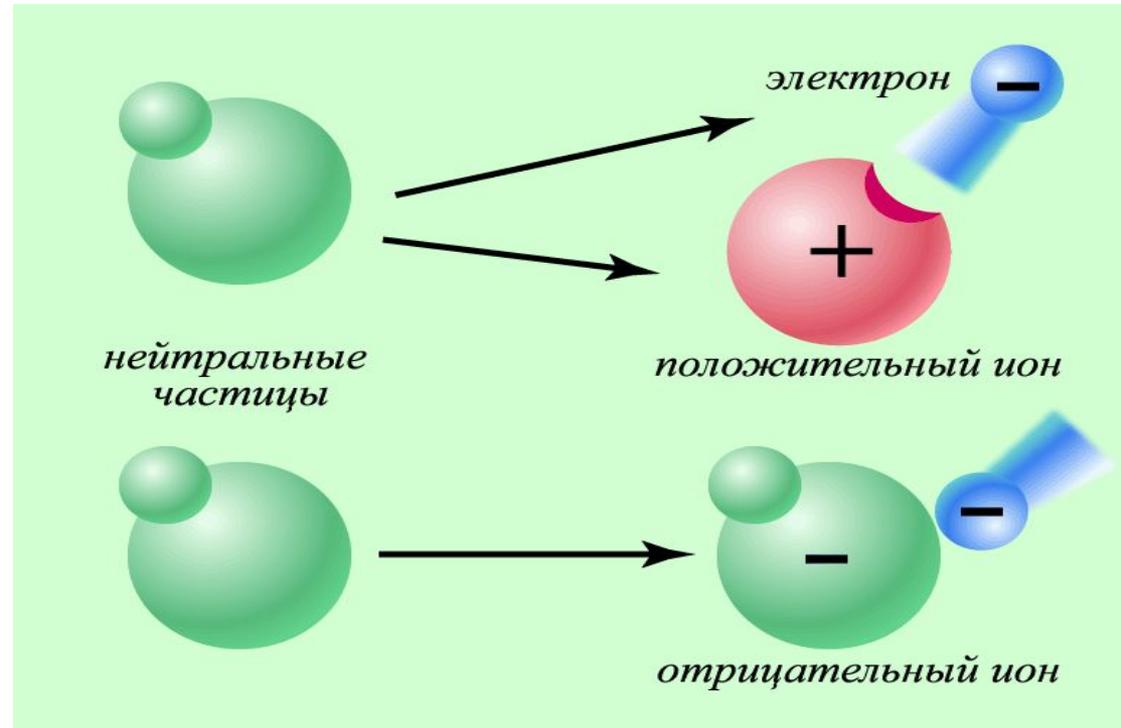
Тела, расположенные выше по шкале, электризуются положительно, а тела, расположенные ниже – отрицательно.

Электризация тел

- Носителями зарядов являются элементарные частицы
- Электрические заряды протона и электрона по модулю в точности одинаковы и равны элементарному заряду e .

$$e = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

- В нейтральном атоме число протонов в ядре равно числу электронов в оболочке (**атомным номер**).



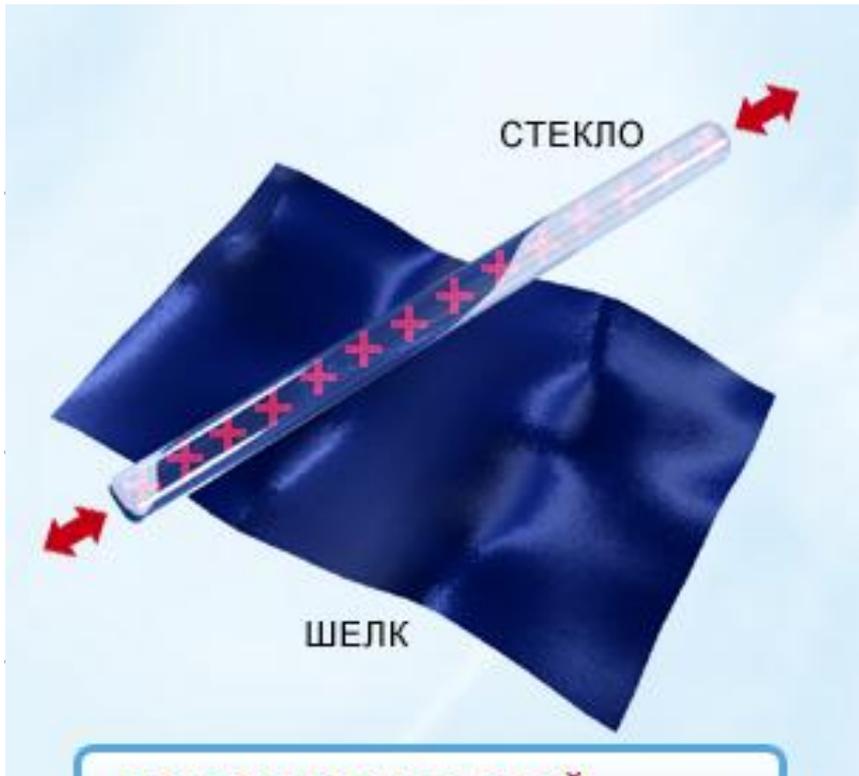
- Электрический заряд тела – дискретная величина:

$$q = \pm ne \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

Взаимодейств

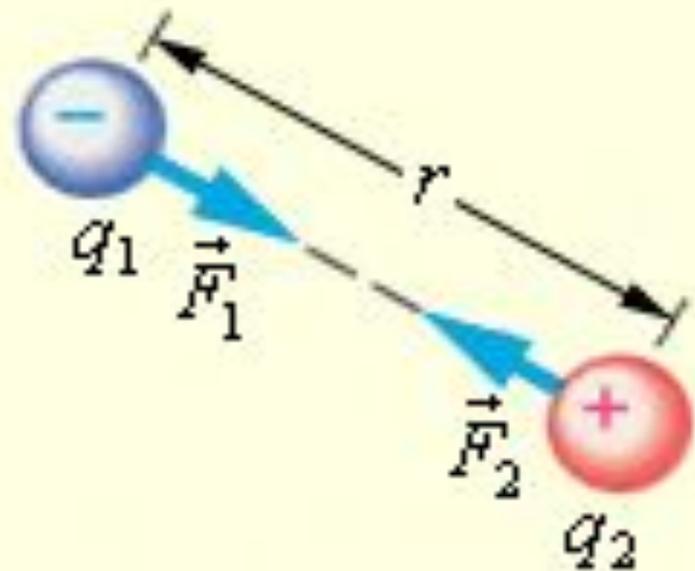
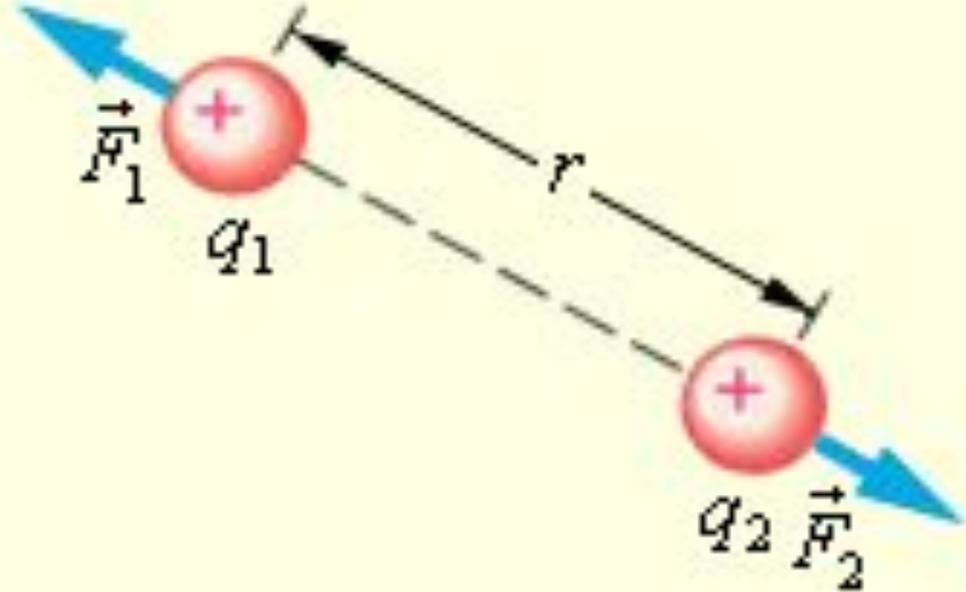
вида

- **Электрический заряд** (q или Q)



ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ заряд образуется на стекле потертом о шелк

электрических зарядов и электростатическим или



Закон сохранения электрического заряда

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

q_1, q_2, \dots, q_n – заряды электрически
изолированной системы

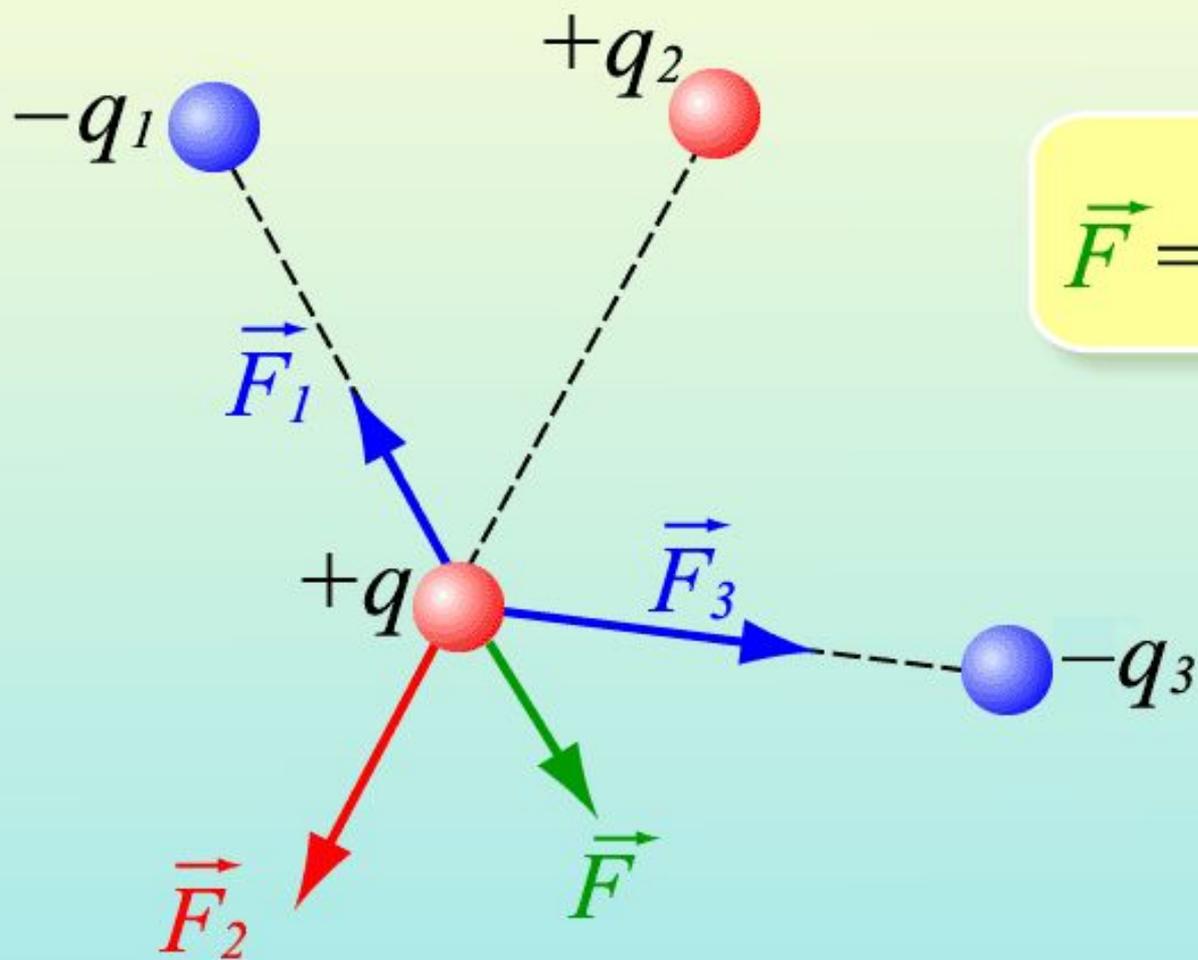
$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

Закон Кулона

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

- **Точечным зарядом** называют заряженное тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.
- **Закон Кулона**: Силы взаимодействия неподвижных зарядов прямо пропорциональны **произведению модулей зарядов** и обратно пропорциональны **квадрату расстояния** между ними:
- Силы взаимодействия подчиняются **третьему закону Ньютона**:
- Закон Кулона **хорошо выполняется для точечных зарядов**
- В Международной системе СИ за единицу заряда принят **кулон (Кл)**.
- Коэффициент k в системе СИ обычно записывают в виде $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, где ϵ_0 – **электрическая постоянная**

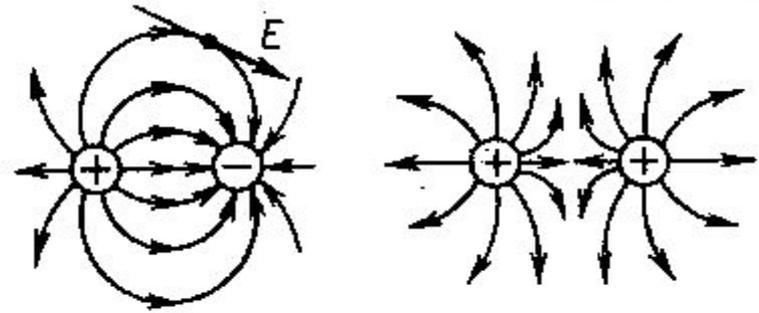
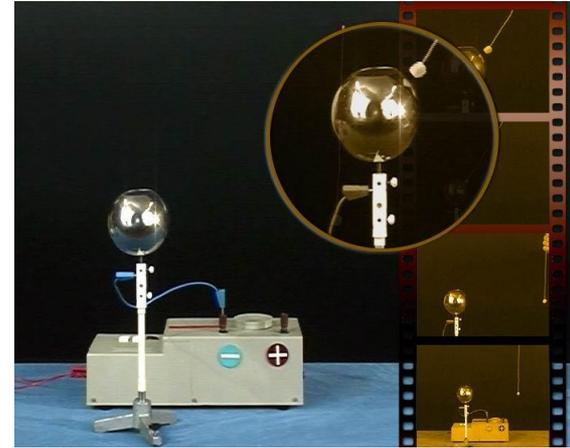
Принцип суперпозиции кулоновских сил



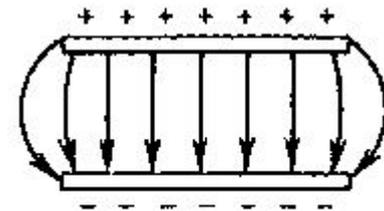
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

Действие электрического поля на электрические заряды

- **Электрическое поле** — особая форма поля, существующая вокруг *тел или частиц*, обладающих *электрическим зарядом*, а также в свободном виде в электромагнитных волнах.
- Электрическое поле непосредственно *невидимо*, но может наблюдаться по его действию и с помощью приборов.
- Основным действием электрического поля является **ускорение тел или частиц, обладающих электрическим зарядом**.
- Электрическое поле можно рассматривать как **математическую модель**, описывающую значение величины **напряженности** электрического поля в данной точке пространства.
- Электрическое поле является **одной из составляющих** единого



Неоднородное поле



Однородное поле

Напряженность электрического поля

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

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

- Для количественного определения электрического поля вводится **силовая характеристика** напряженность электрического поля.
- **Напряженностью электрического поля** называют физическую величину, равную отношению силы, с которой поле действует на положительный пробный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда.

- **Напряженность** электрического поля – **векторная** физическая величина.
- **Направление** вектора совпадает в каждой точке пространства с **направлением силы**, действующей на **положительный пробный заряд**.

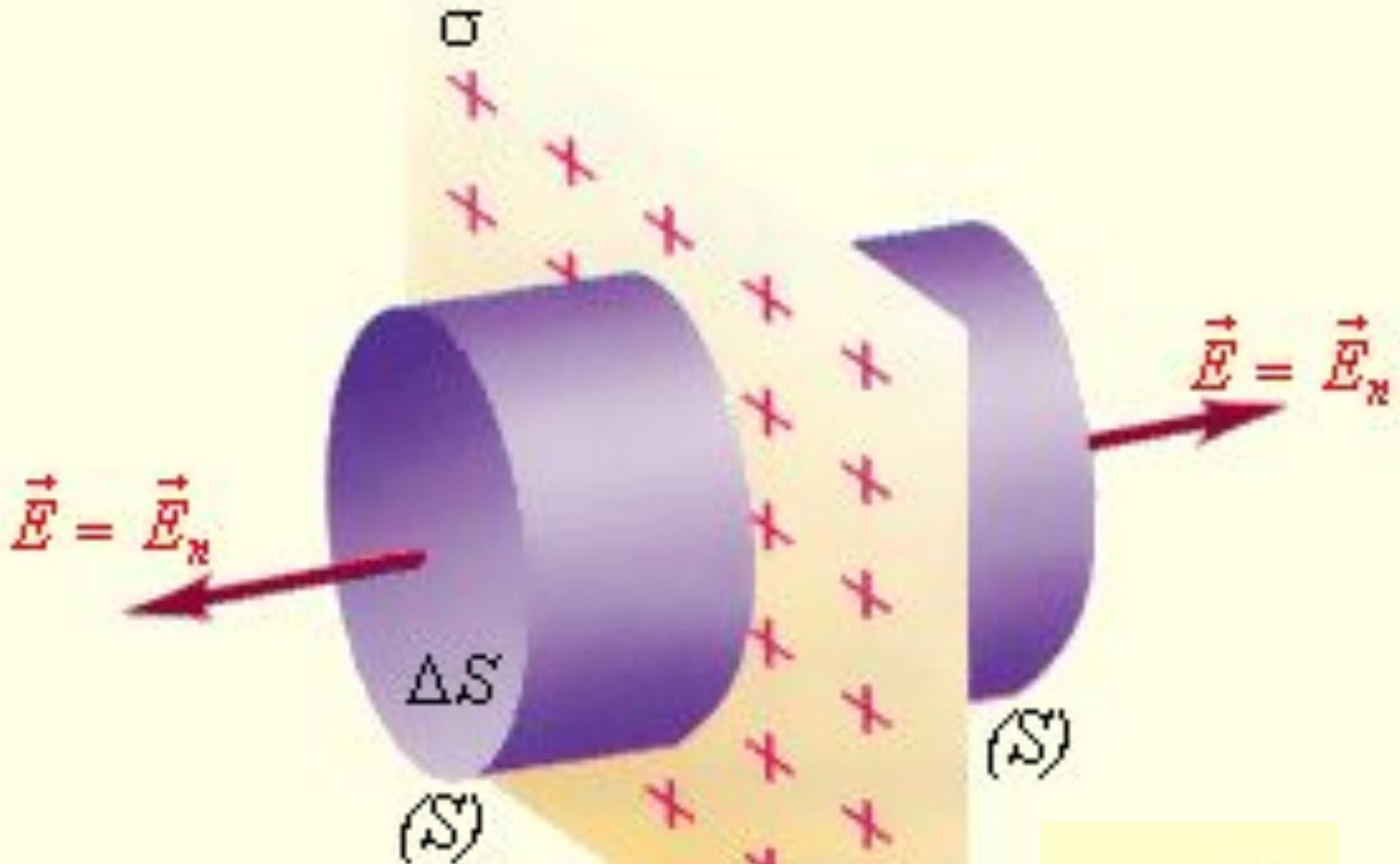
Принцип суперпозиции электрических полей

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_1}{\sigma}$$

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

- **Принцип суперпозиции:** напряженность электрического поля, создаваемого системой зарядов в данной точке пространства, **равна векторной сумме напряженностей** электрических полей, создаваемых в той же точке **зарядами в отдельности:**
- Для **наглядного** представления электрического поля используют **СИЛОВЫЕ ЛИНИИ**





Поле равномерно заряженной плоскости.
 $\sigma = Q/S$ – поверхностная плотность заряда.
 S – замкнутая поверхность.

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

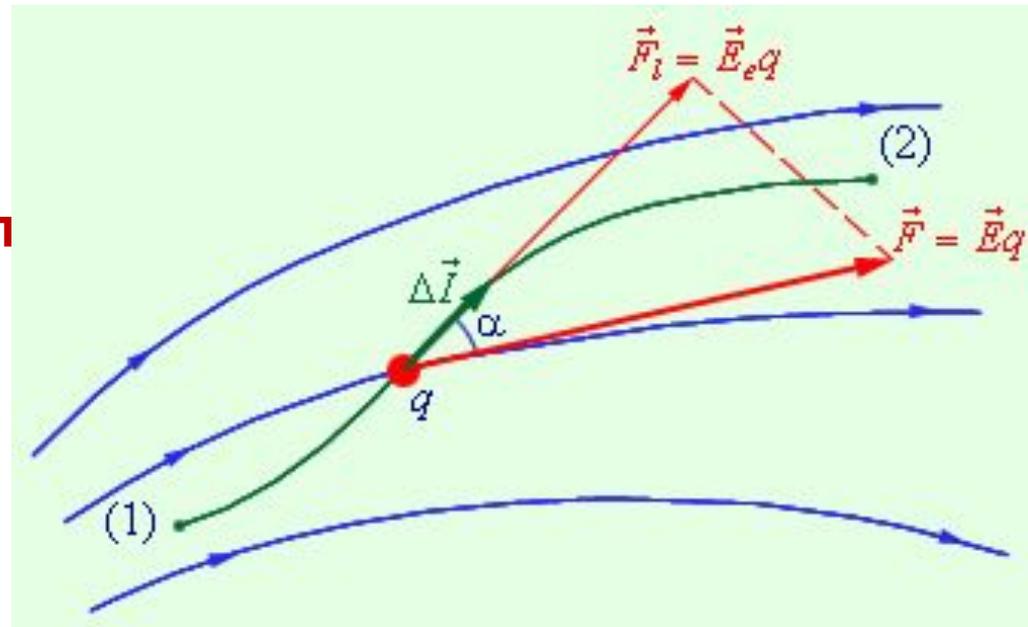
Потенциальность электростатического поля

При **перемещении** пробного заряда q в электрическом поле электрические силы совершают **работу**.

Работа сил электростатического поля при перемещении заряда из одной точки поля в другую **не зависит от формы траектории**, а определяется только положением начальной и конечной точек и величиной заряда.

Работа сил электростатического поля при перемещении заряда **по любой замкнутой траектории равна нулю**.

$$\Delta A = \vec{F} \cdot \Delta \vec{l} \cdot \cos \alpha = E q \Delta l \cos \alpha = E_{\parallel} q \Delta l$$



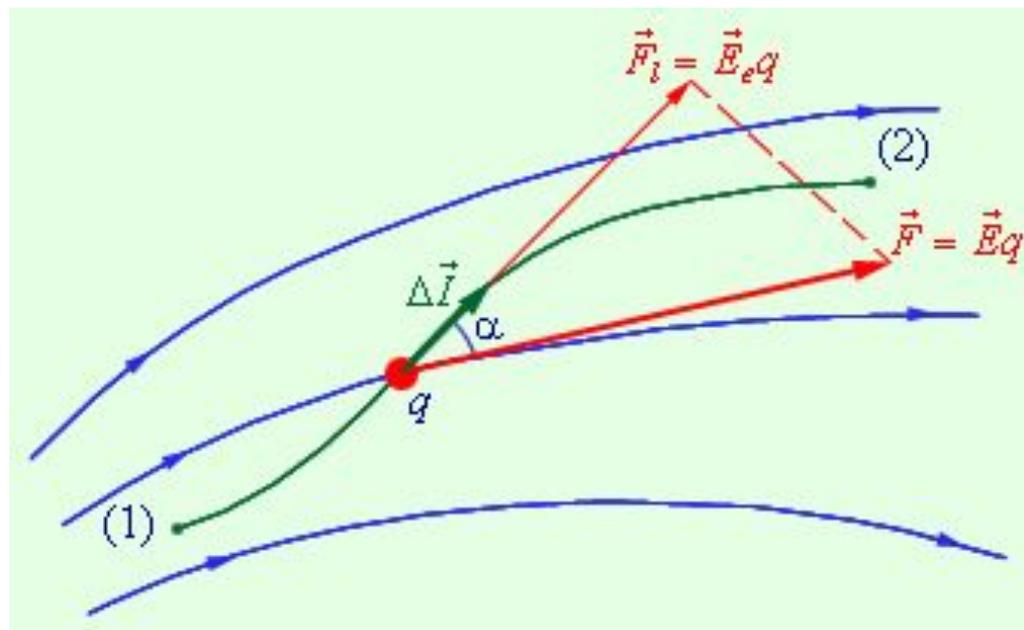
Работа электрических сил при малом перемещении заряда q

Потенциальность электростатического поля

При **перемещении** пробного заряда q в электрическом поле электрические силы совершают **работу**.

Работа сил электростатического поля при перемещении заряда из одной точки поля в другую **не зависит от формы траектории**, а определяется только положением начальной и

$$\Delta A = \vec{F} \cdot \Delta \vec{l} \cdot \cos \alpha = E q \Delta l \cos \alpha = E_1 q \Delta l.$$



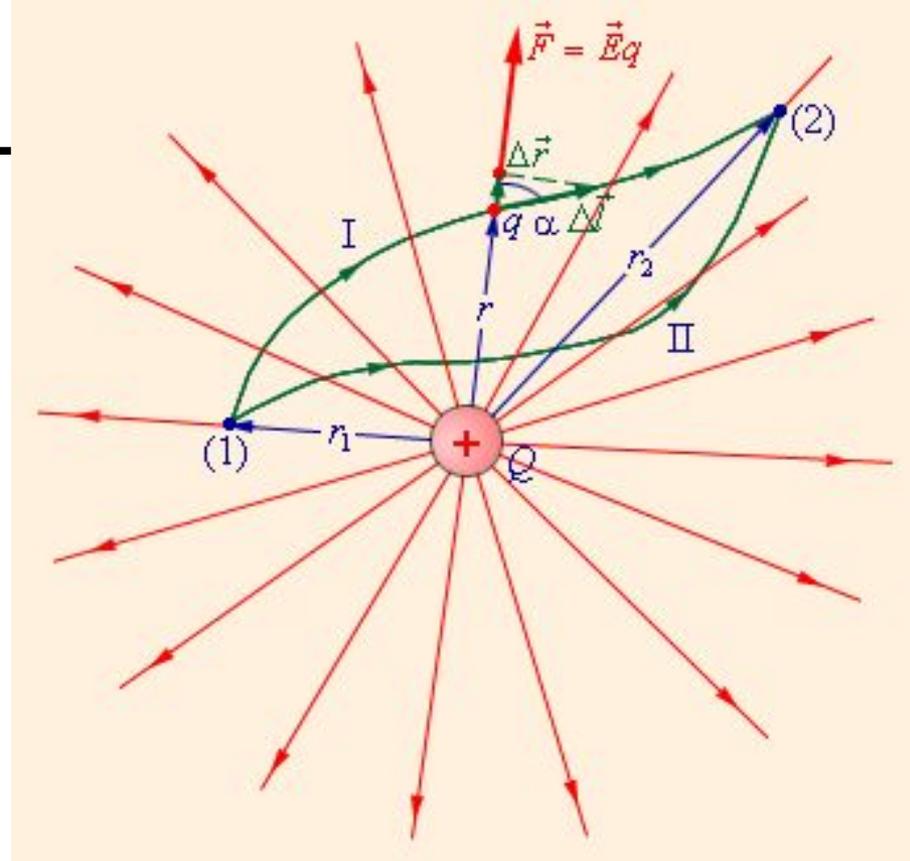
Работа электрических сил
при малом перемещении заряда q

Потенциальность электростатического

О ПОЛЯ

- Силовые поля, работа сил которых при перемещении заряда **по любой замкнутой траектории равна нулю**, называют **потенциальными** или **консервативными**.
- **Потенциальная энергия** заряда q , помещенного в любую точку (1) пространства, относительно фиксированной точки (0) **равна работе A_{10}** , которую совершит электрическое поле при **перемещении заряда q** из точки (1) в точку (0):

- $W_{p1} = A_{10}$



Работа, совершаемая электрическим полем при перемещении точечного заряда q из точки (1) в точку (2), **равна разности значений потенциальной энергии** в этих точках и **не зависит от пути перемещения** заряда и от выбора точки (0).

$$A_{12} = A_{10} + A_{02} = A_{10} - A_{20} = W_{p1} - W_{p2}$$

Потенциал электрического поля.

Разность потенциалов

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

- Физическую величину, равную **отношению потенциальной энергии** электрического заряда в электростатическом поле к величине этого **заряда**, называют **потенциалом φ электрического поля**:
- Потенциал φ является **энергетической характеристикой** электростатического поля.
- В Международной системе единиц (СИ) единицей потенциала является вольт (В):
 $1 \text{ В} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ Кл}$.

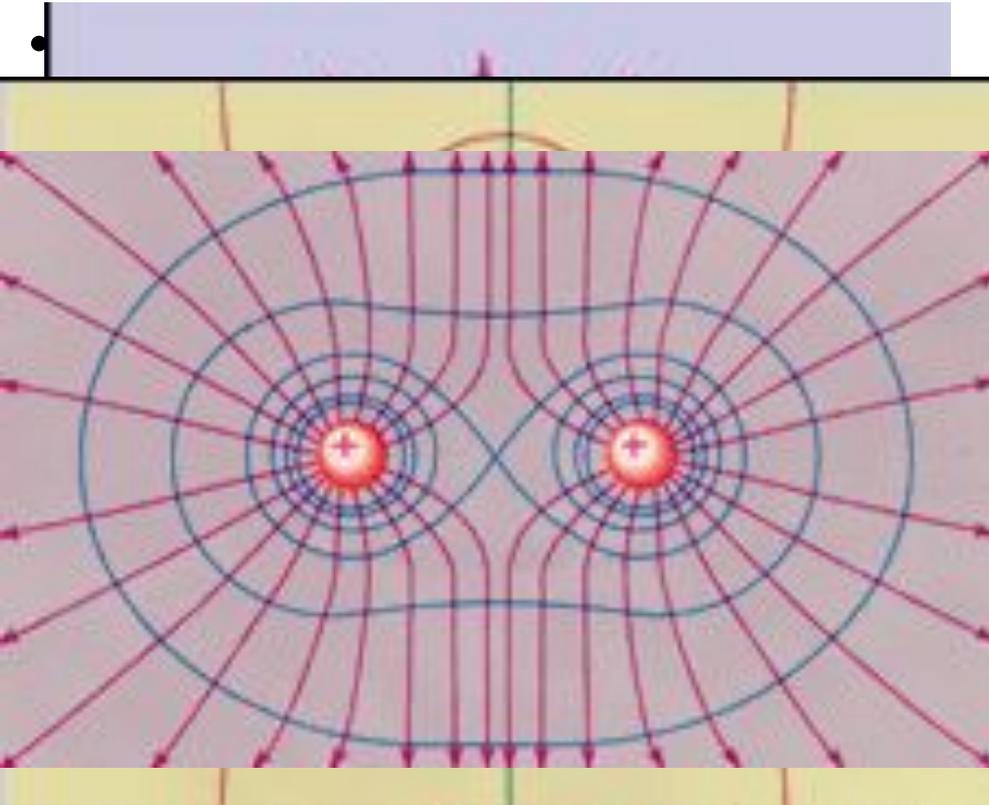
$$\varphi_{\infty} = \frac{A_{\infty}}{q}$$

- Работа A_{12} по перемещению электрического заряда q из начальной точки (1) в конечную точку (2) равна **произведению заряда на разность потенциалов $(\varphi_1 - \varphi_2)$** начальной и конечной точек:
 - **$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$**
- **Потенциал** поля в данной точке пространства равен **работе**, которую совершают электрические силы **при удалении** единичного положительного заряда **из данной точки в бесконечность**.

Потенциал электрического поля.

Разность потенциалов

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



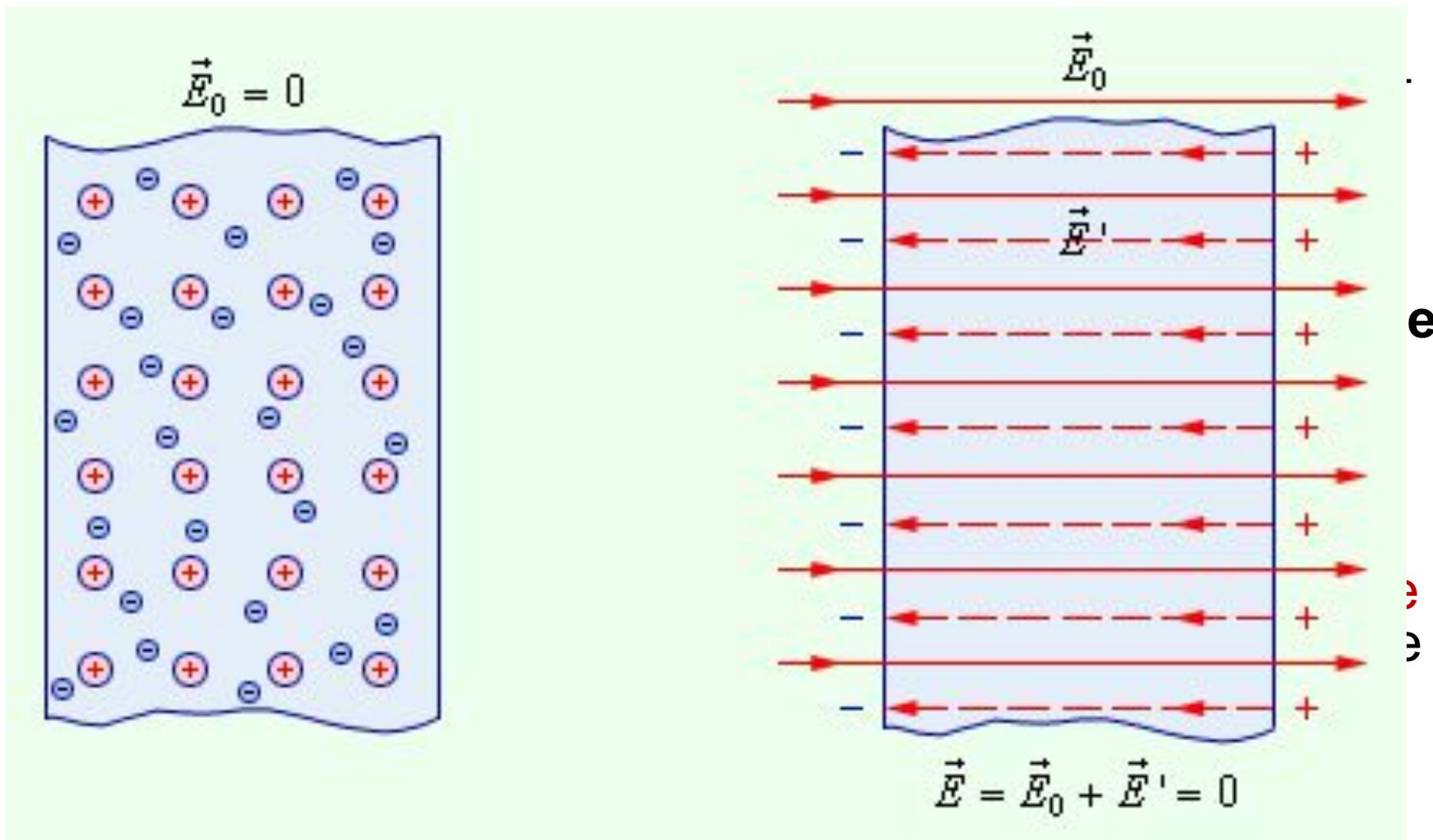
Силовые линии электрического поля всегда **перпендикулярны** эквипотенциальным поверхностям.

Эквипотенциальные поверхности (синие линии) и силовые линии (красные линии) простых электрических полей:

- точечного заряда;
- электрического диполя;
- двух равных положительных

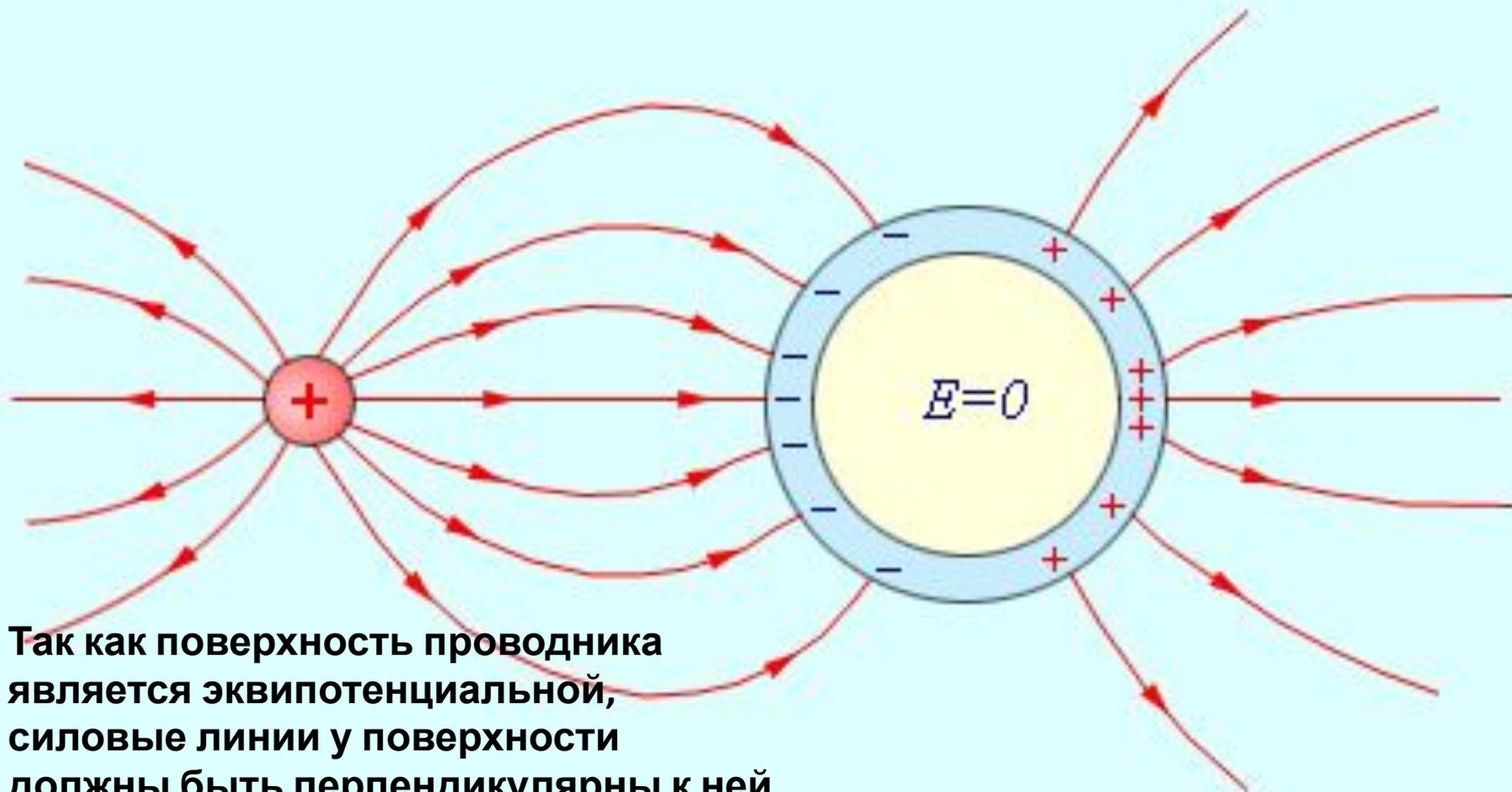
эквипотенциальной поверхностью или поверхностью равного потенциала.

Проводники в электрическом поле



Точка одинаковы и равны потенциалу на поверхности проводника.

Проводники в электрическом поле

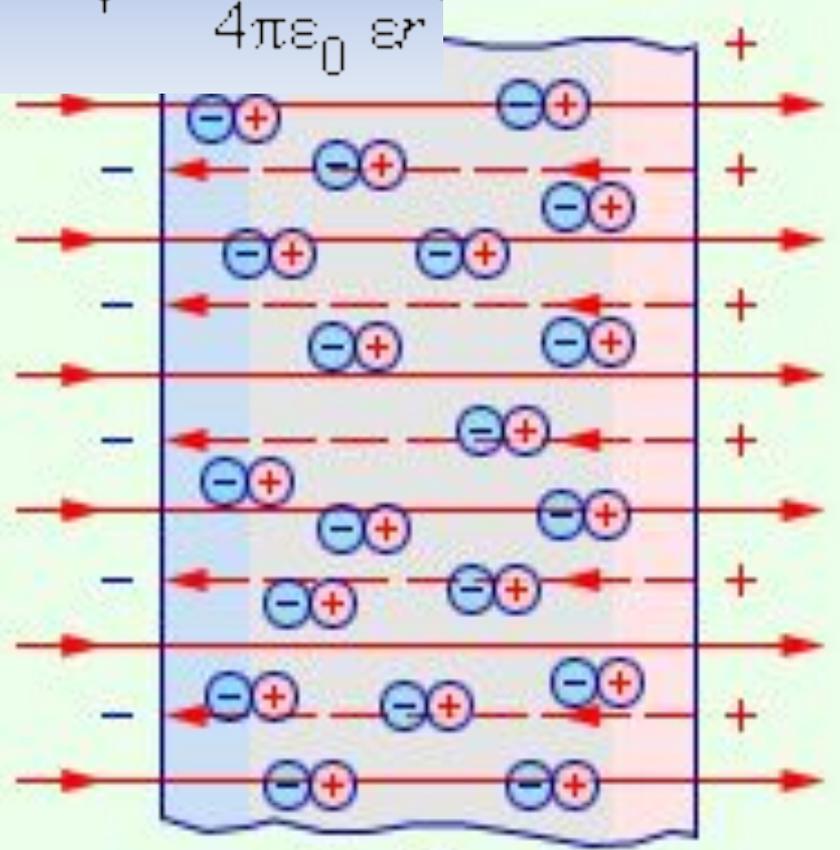
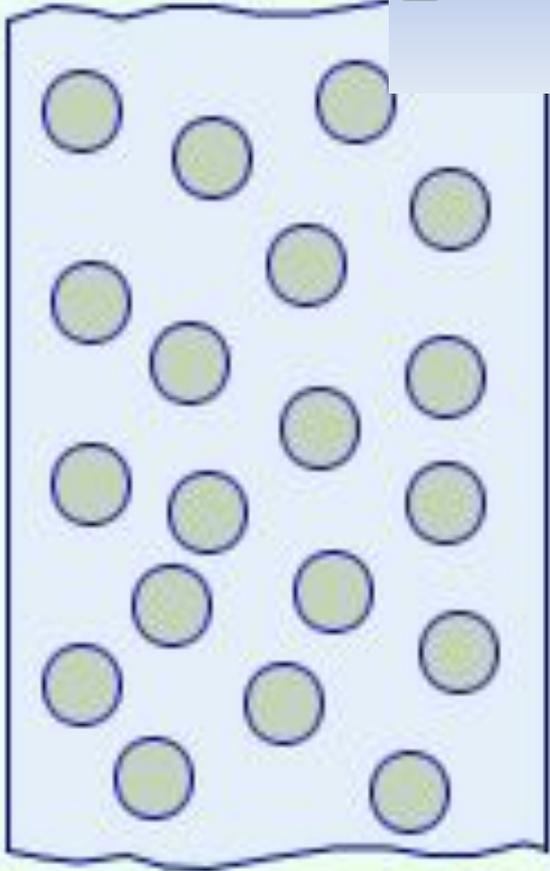


Так как поверхность проводника является эквипотенциальной, силовые линии у поверхности должны быть перпендикулярны к ней.

Если в однородном диэлектрике с диэлектрической проницаемостью ϵ находится точечный заряд Q , то напряженность поля создаваемого этим зарядом в некоторой точке, и потенциал φ в ϵ раз меньше, чем в вакууме:

$$E \rightarrow = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{\epsilon r^3} \rightarrow$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon r}$$



$$E \rightarrow = E_0 \rightarrow + E_{ind} \rightarrow$$

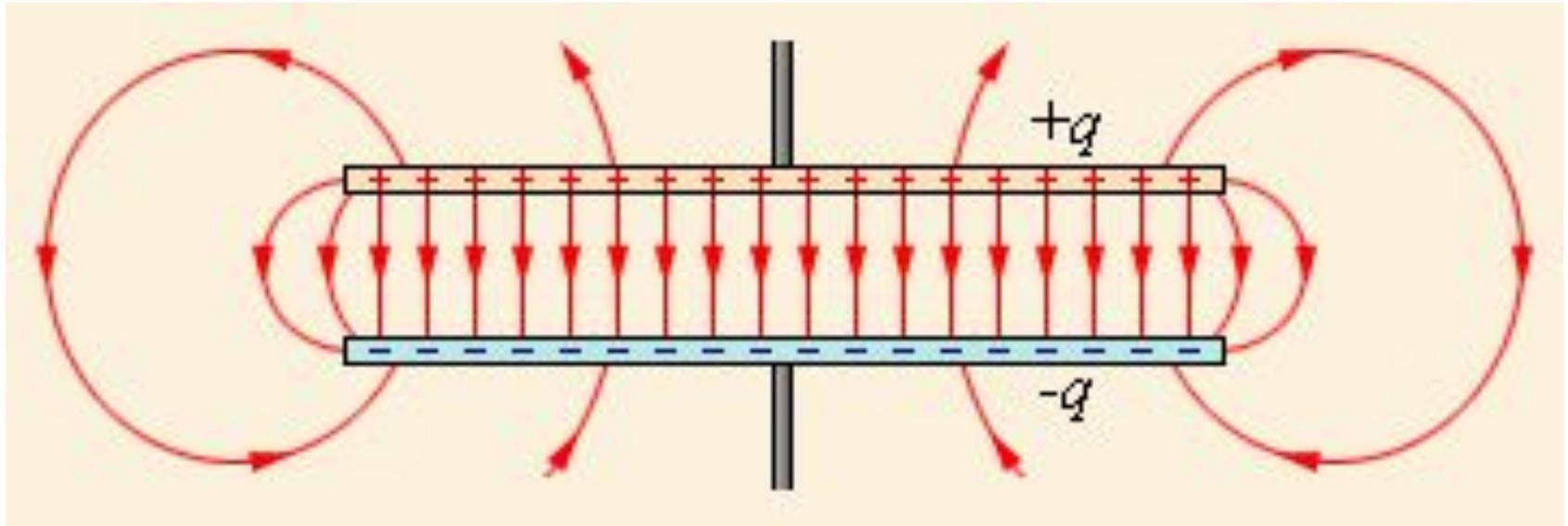
Электрическая емкость. Конденсатор

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

- **Электроемкостью** системы из двух проводников называется физическая величина, определяемая как **отношение заряда q одного из проводников к разности потенциалов $\Delta\varphi$ между ними:**
- В системе СИ единица электроемкости называется **фарад (Ф):**
$$1 \text{ Ф} = \frac{1 \text{ Кл}}{1 \text{ В}}$$
- **Конденсатором** называется система двух проводников, разделенных слоем диэлектрика,
- а проводники, составляющие конденсатор, называются **обкладками**

Электрическая емкость. Конденсатор

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



Поле плоского конденсатора

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

Электрическая емкость. Конденсатор

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

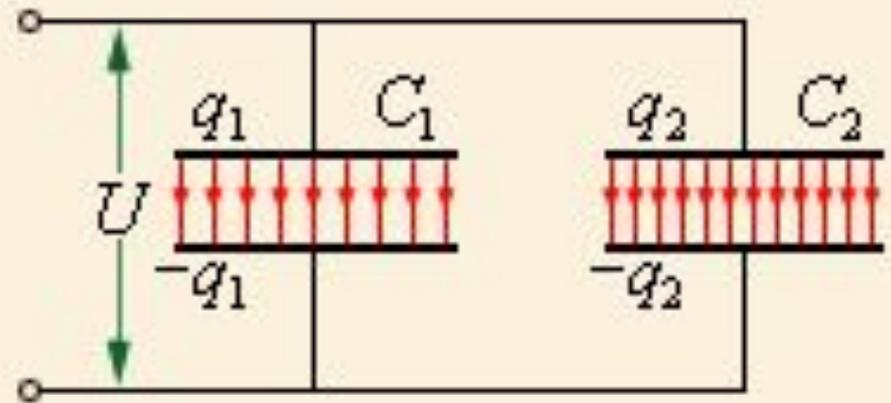
При **параллельном соединении** конденсаторов:

$$U_1 = U_2 = U$$

$$q_1 = C_1 U \text{ и } q_2 = C_2 U$$

$$q = q_1 + q_2$$

$$C = \frac{q_1 + q_2}{U} \text{ или } C = C_1 + C_2$$

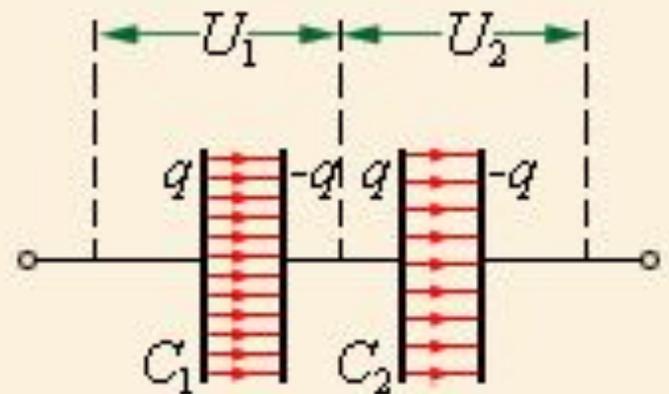


При **последовательном соединении**

$$U_1 = \frac{q}{C_1} \quad U_2 = \frac{q}{C_2} \text{ конденсатор}$$

$$q_1 = q_2 = q$$

$$C = \frac{q}{U_1 + U_2} \text{ или } \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$



Энергия электрического поля конденсатора

- **Энергия заряженного конденсатора** равна **работе внешних сил**, которую необходимо затратить, **чтобы зарядить конденсатор**.

$$W_e = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{QU}{2}$$

