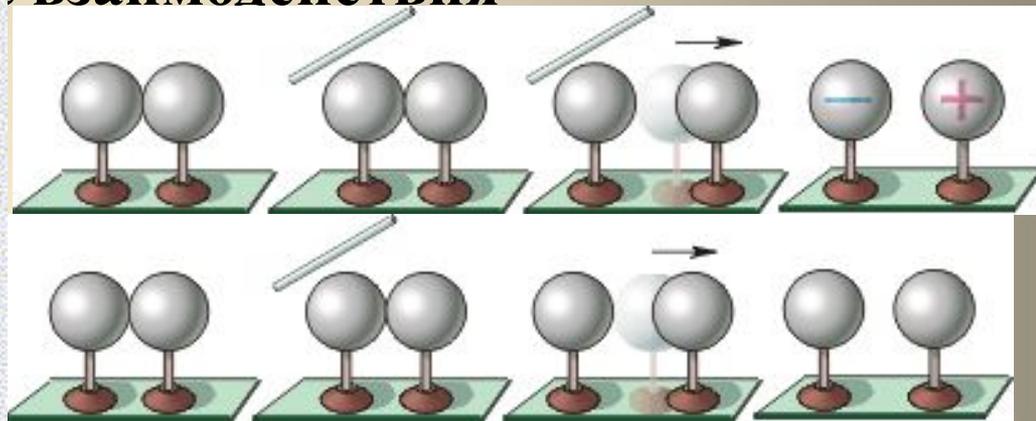


# *ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ*

# Электризация тел

Заряд ( $Q$ ) – это физическая величина, характеризующая способность частиц или тел вступать в электростатическое взаимодействие

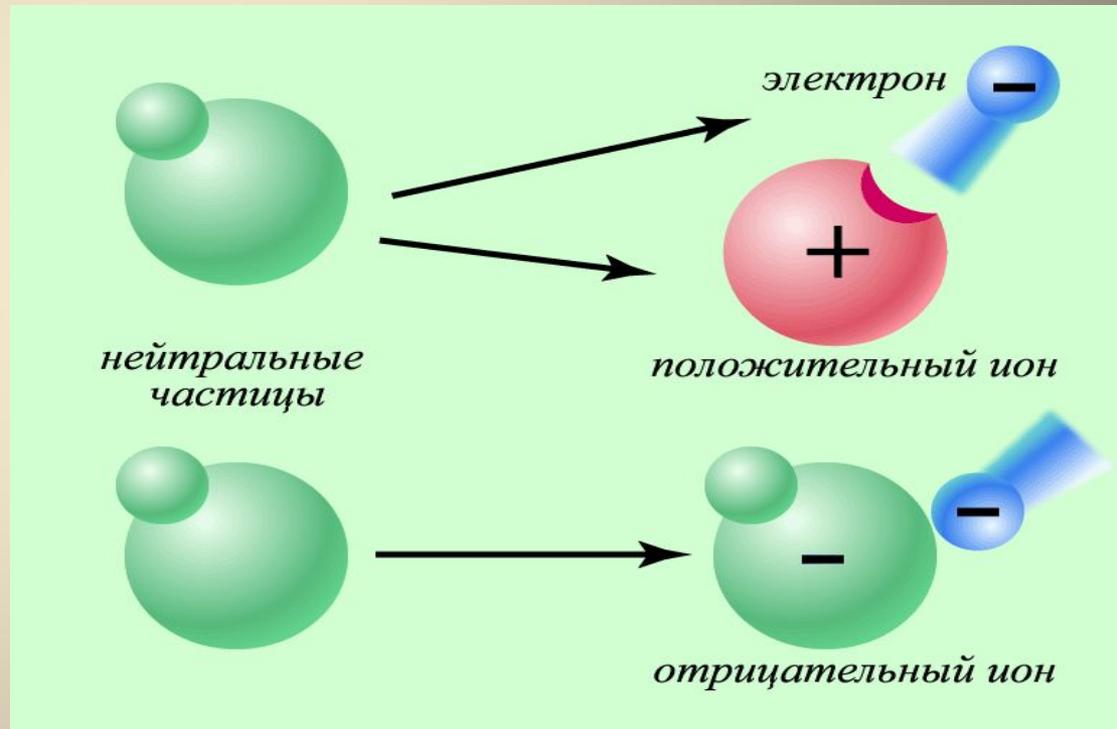


## Трибоэлектрическая шкала.

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

# 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**:

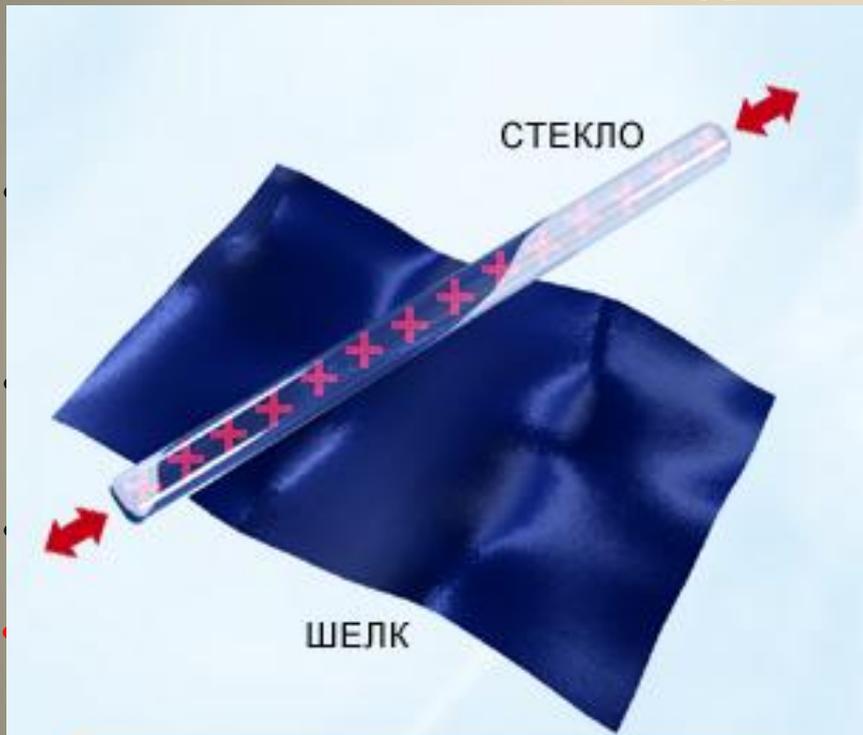
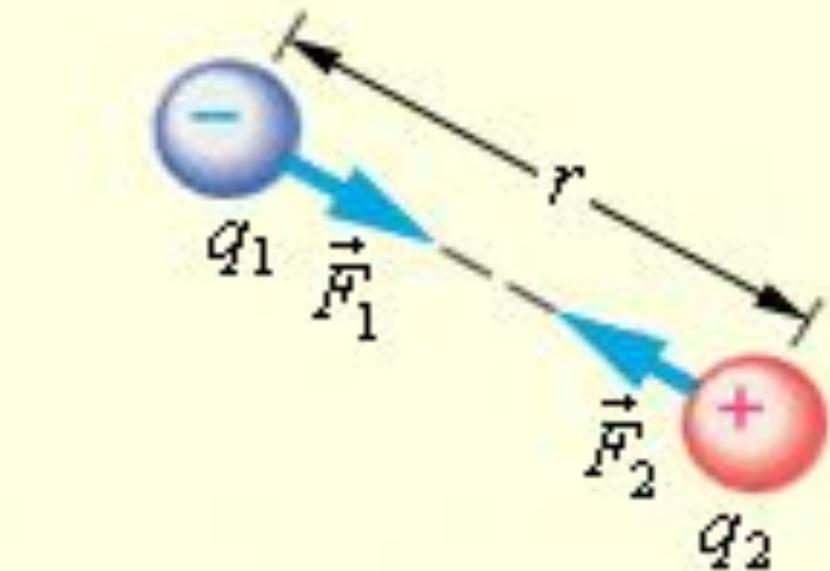
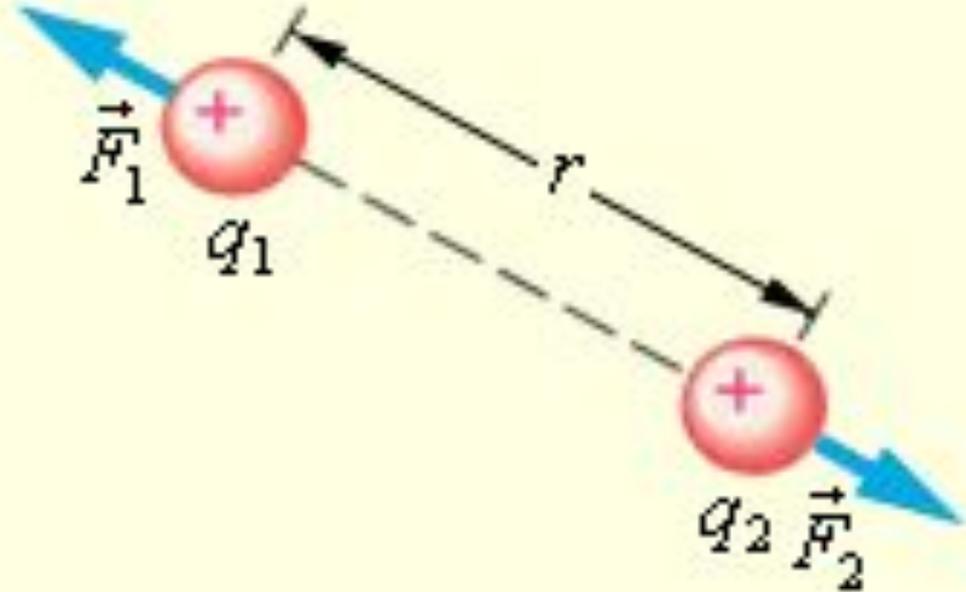


$$q = \pm ne \quad (n = 0, 1, 2, \dots).$$

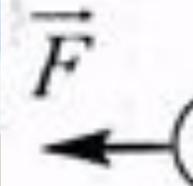
# Взаимодейств

## вида

- Электрический заряд ( $q$  или  $Q$ )



**ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ** заряд образуется на стекле потертом о шелк



# 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

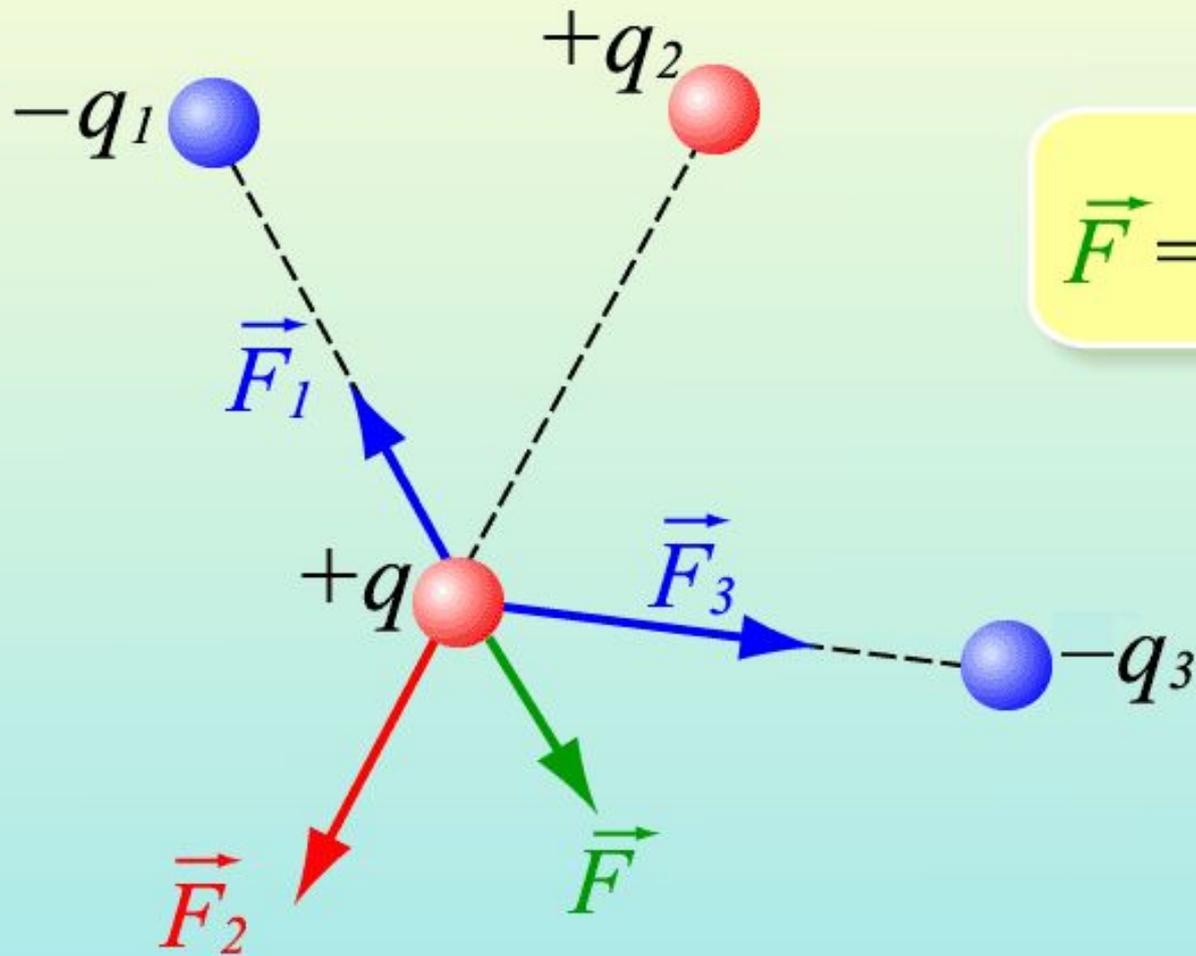
$$\vec{E}_1 = - \vec{E}_2$$

- **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:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

где  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная

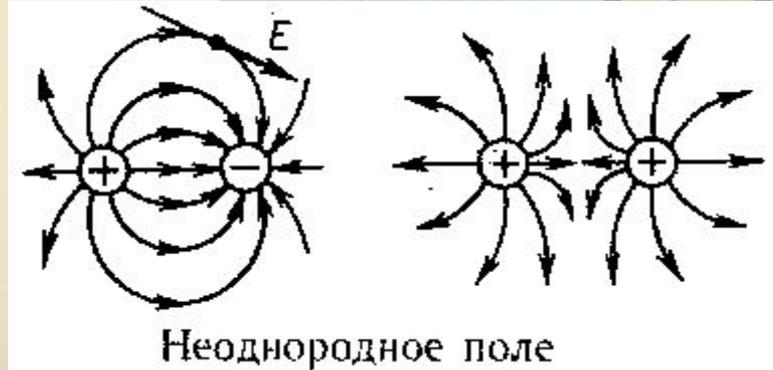
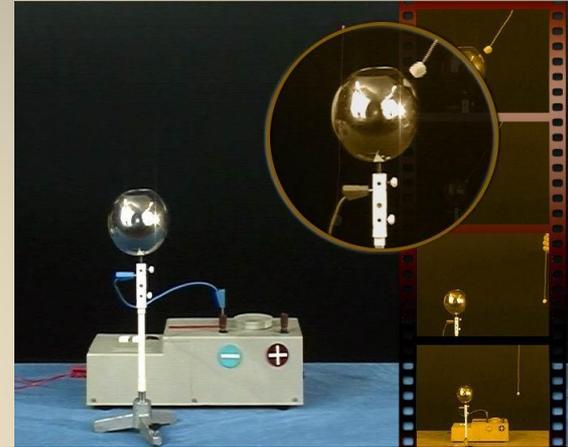
# Принцип суперпозиции кулоновских сил



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

# 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 электромагнитного поля и **проявлением электромагнитного взаимодействия**.



# 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** напряженности 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.

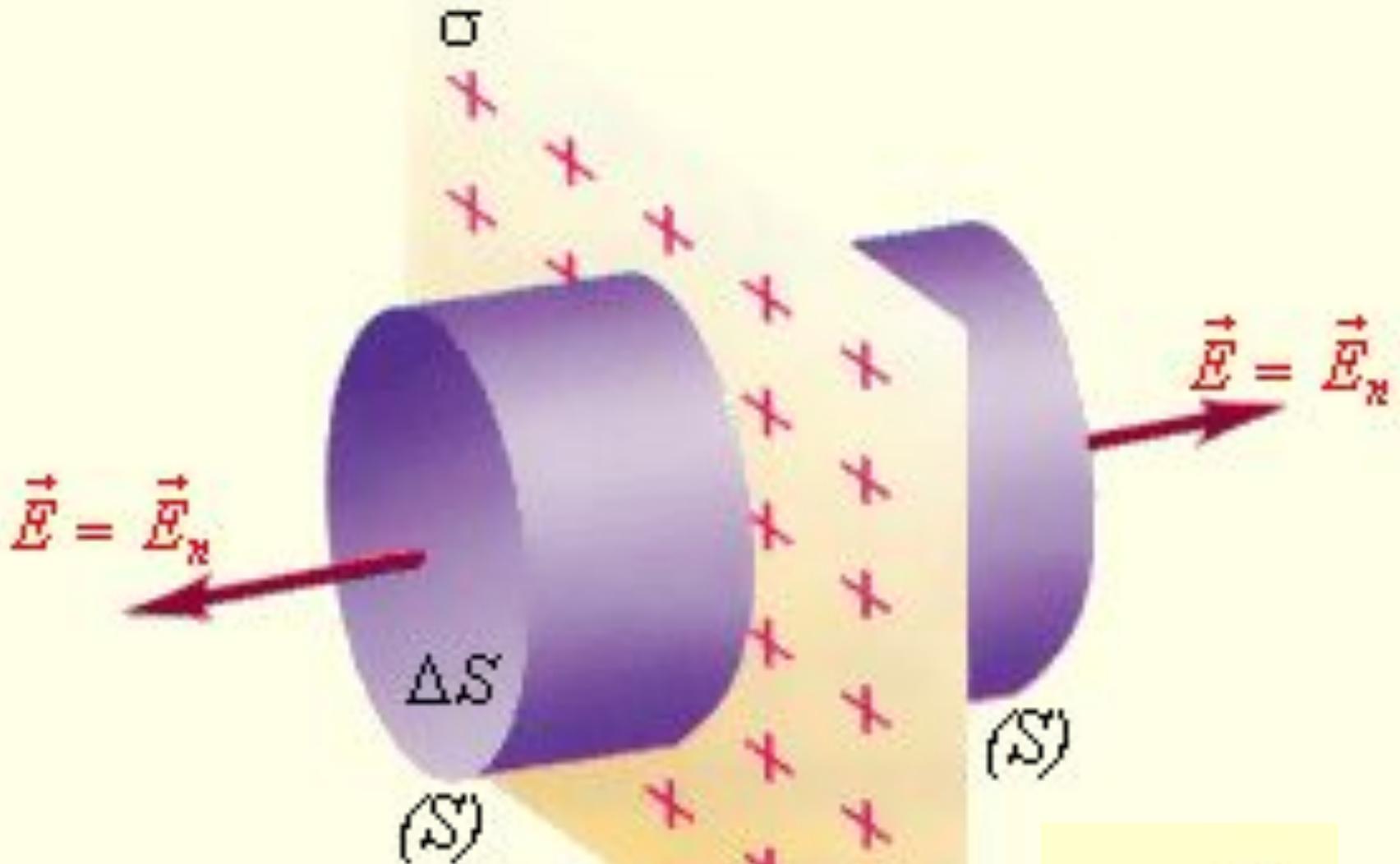
# Принцип суперпозиции электрических полей

- **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**

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

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_1}{\epsilon_0}$$





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

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

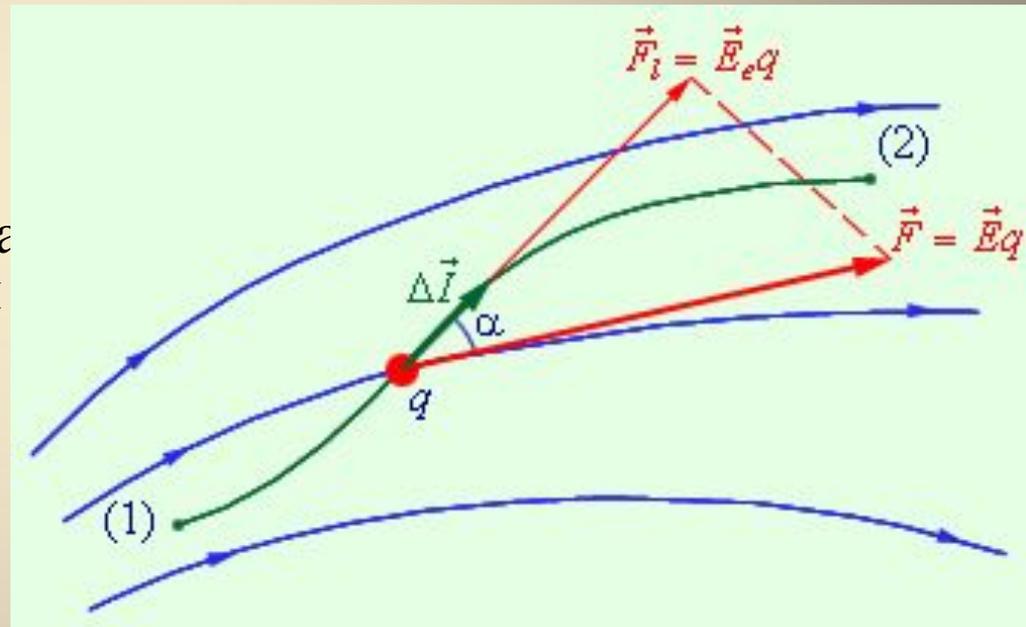
# Потенциальность электростатического поля

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**.

$$\Delta A = F \cdot \Delta l \cdot \cos \alpha = Eq \Delta l \cos \alpha = E_1 q \Delta l.$$



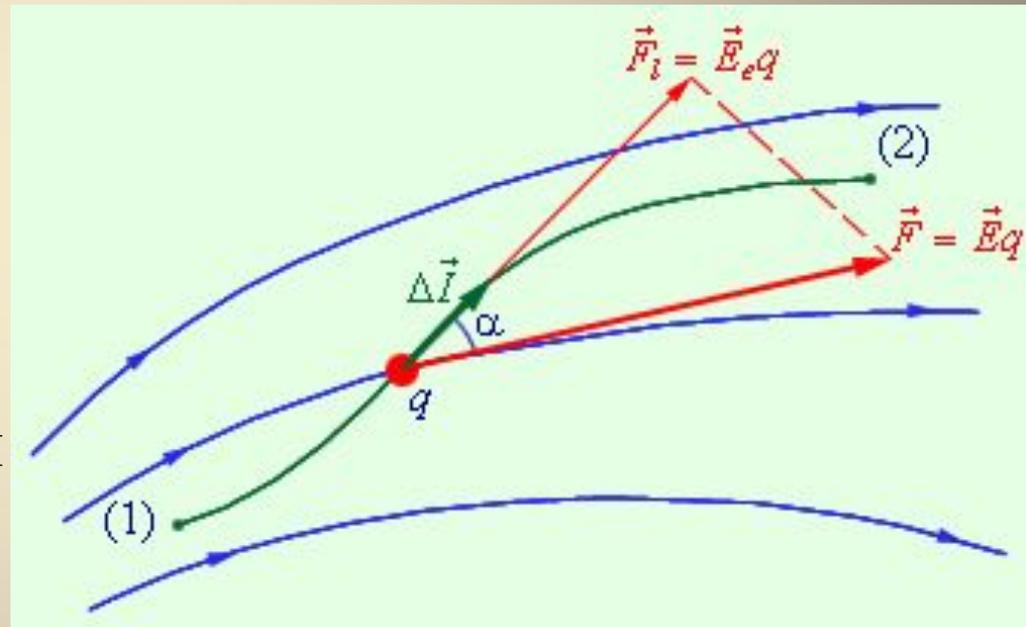
**Работа электрических сил** при малом перемещении заряда  $q$

# Потенциальность электростатического поля

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

$$\Delta A = F \cdot \Delta l \cdot \cos \alpha = Eq \Delta l \cos \alpha = E_1 q \Delta l.$$

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.



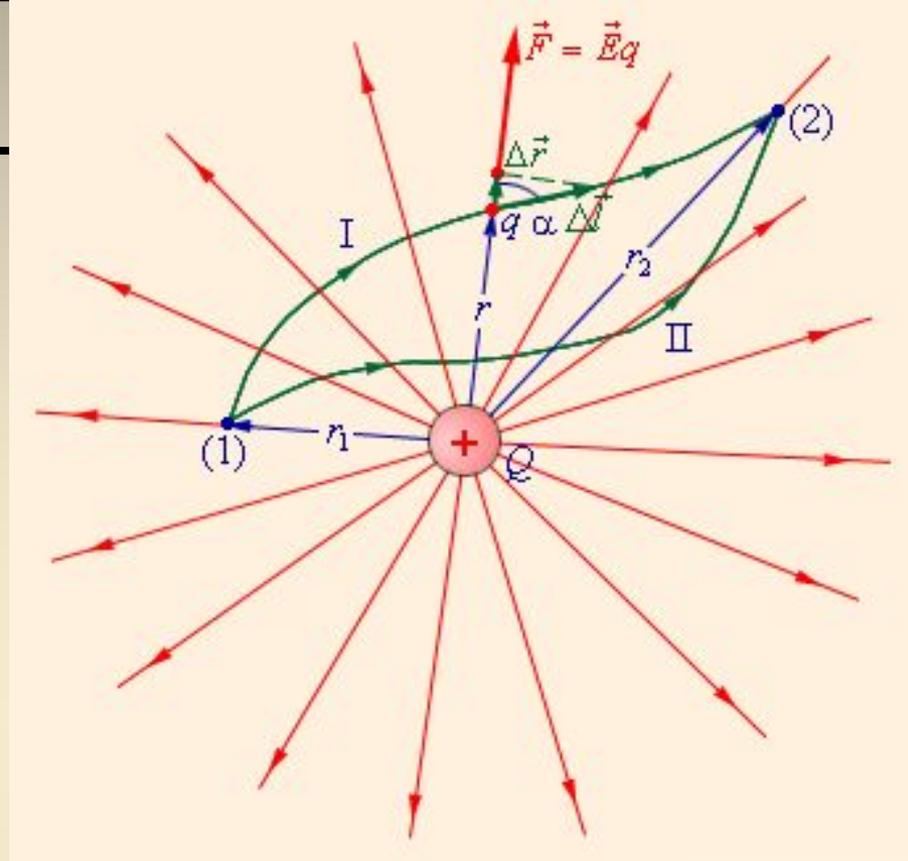
**Работа электрических сил** при малом перемещении заряда  $q$

# 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

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

- Физическую величину, равную отношению потенциальной энергии электрического заряда в электростатическом поле к величине этого заряда, называют **потенциалом  $\varphi$  электрического поля**:

- Потенциал  $\varphi$  является энергетической характеристикой электростатического поля.

- В Международной системе единиц (СИ) единицей потенциала является вольт (В):  
 **$1 \text{ В} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ Кл}$** .

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

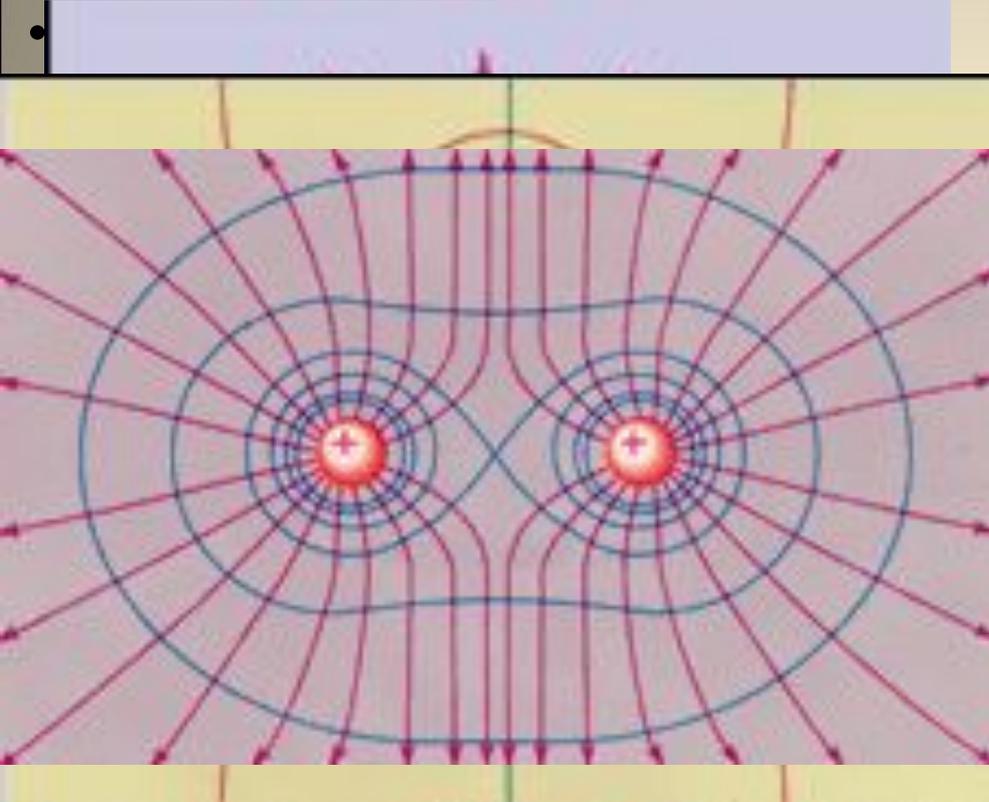
- Работа  $A_{12}$  по перемещению электрического заряда  $q$  из начальной точки (1) в конечную точку (2) равна произведению заряда на разность потенциалов  $(\varphi_1 - \varphi_2)$  начальной и конечной точек:

- **$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$**

- **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.**

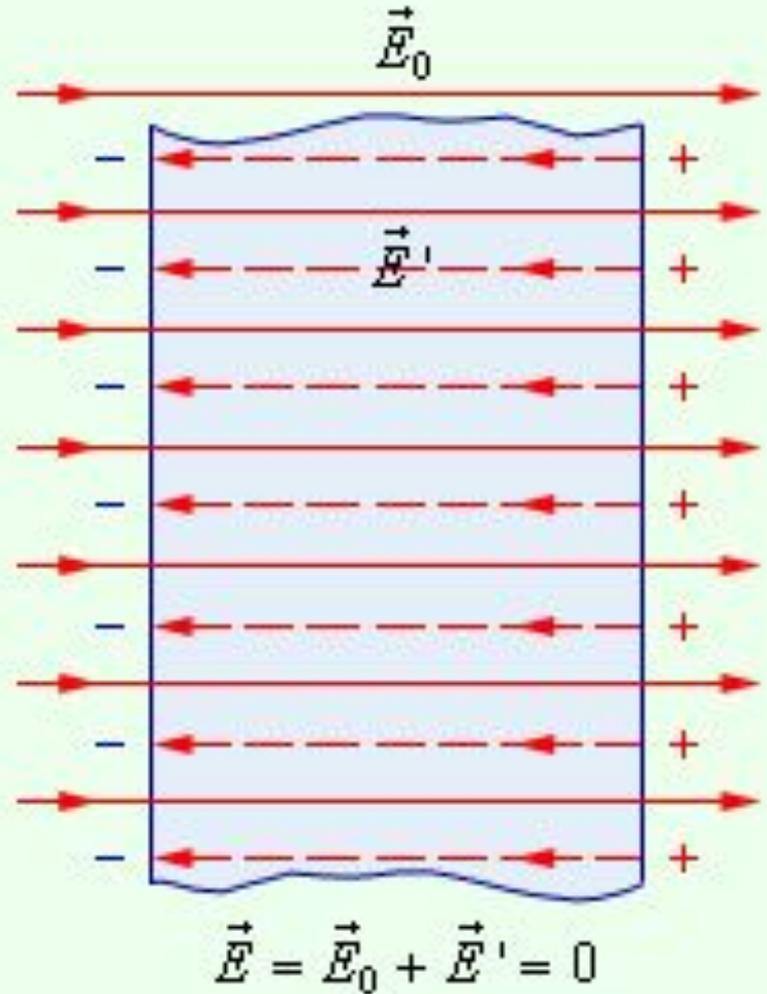
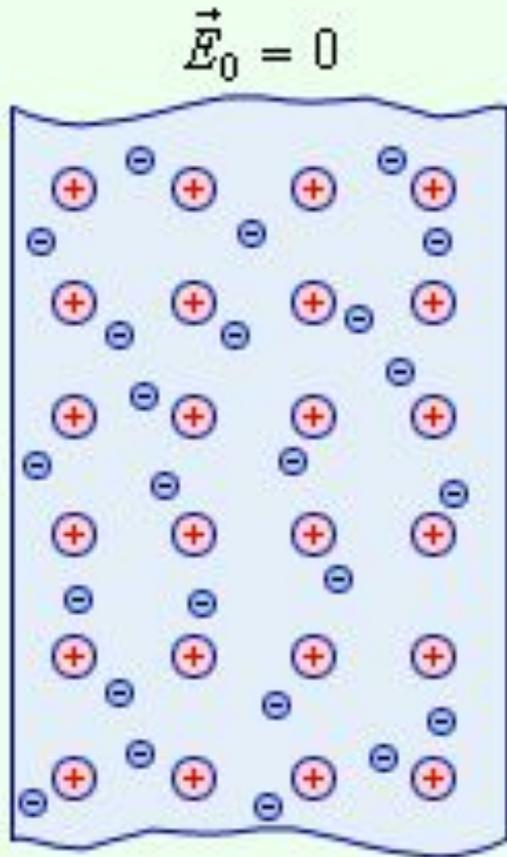
Эквипотенциальные поверхности (синие линии) и силовые линии (красные линии) простых электрических полей:

точечного заряда;

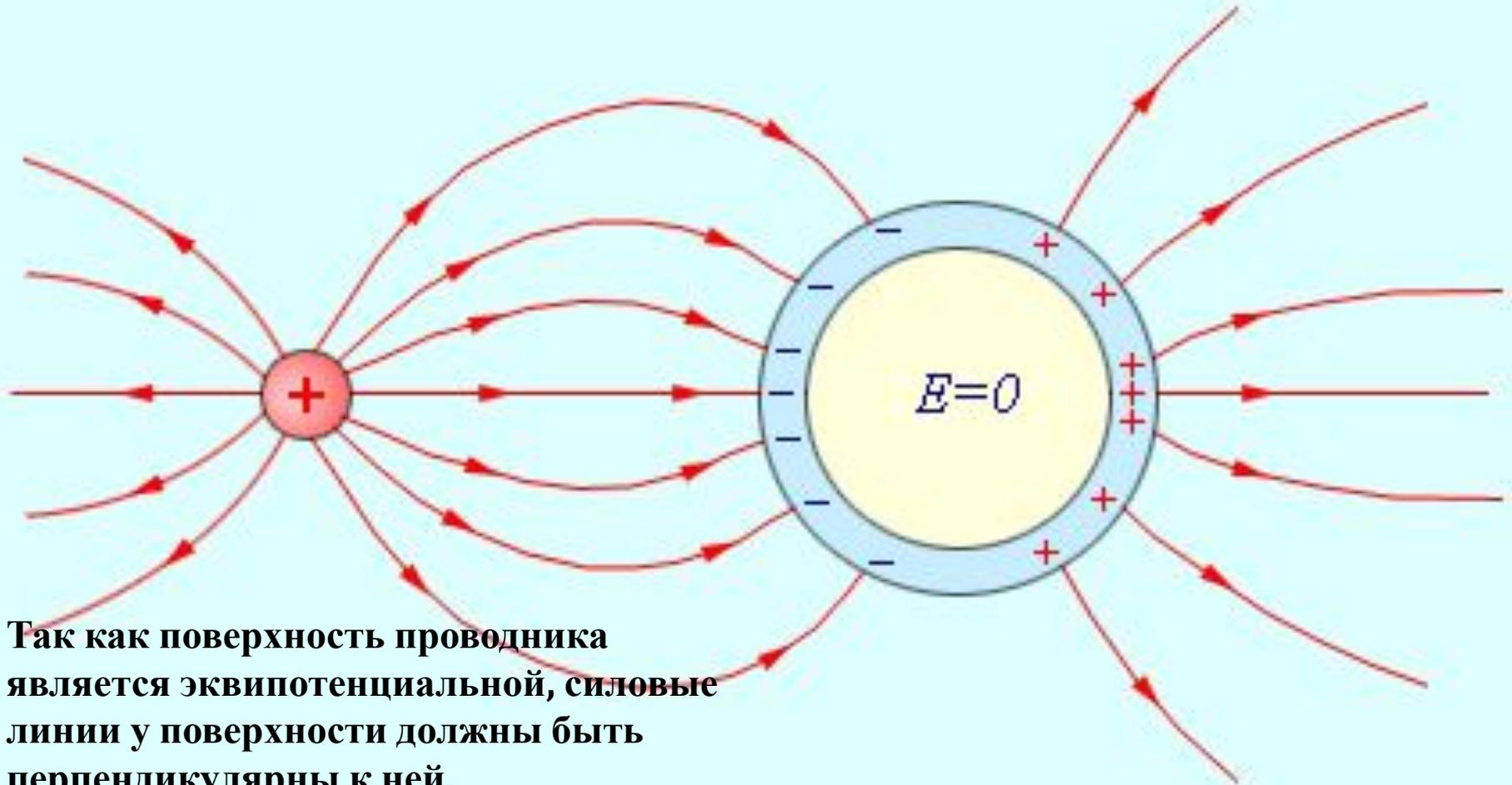
электрического диполя;

двух равных положительных зарядов

# Проводники в электрическом поле

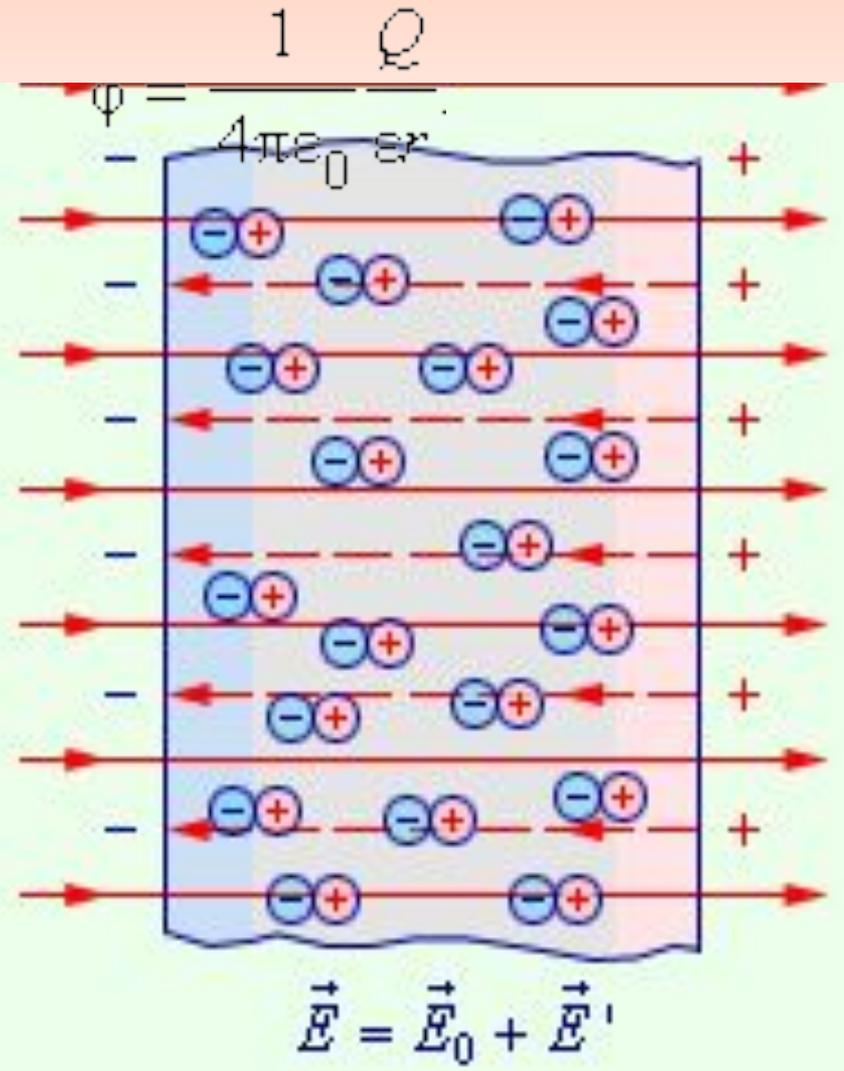
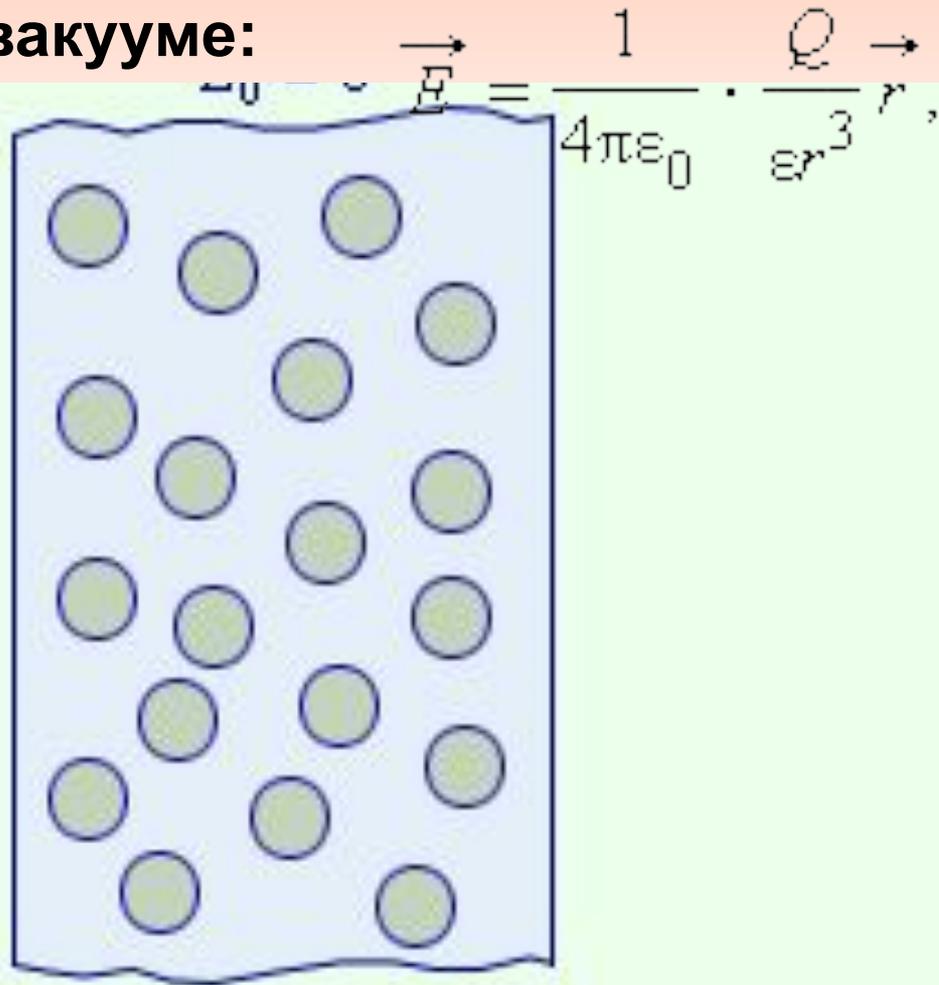


# Проводники в электрическом поле



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

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



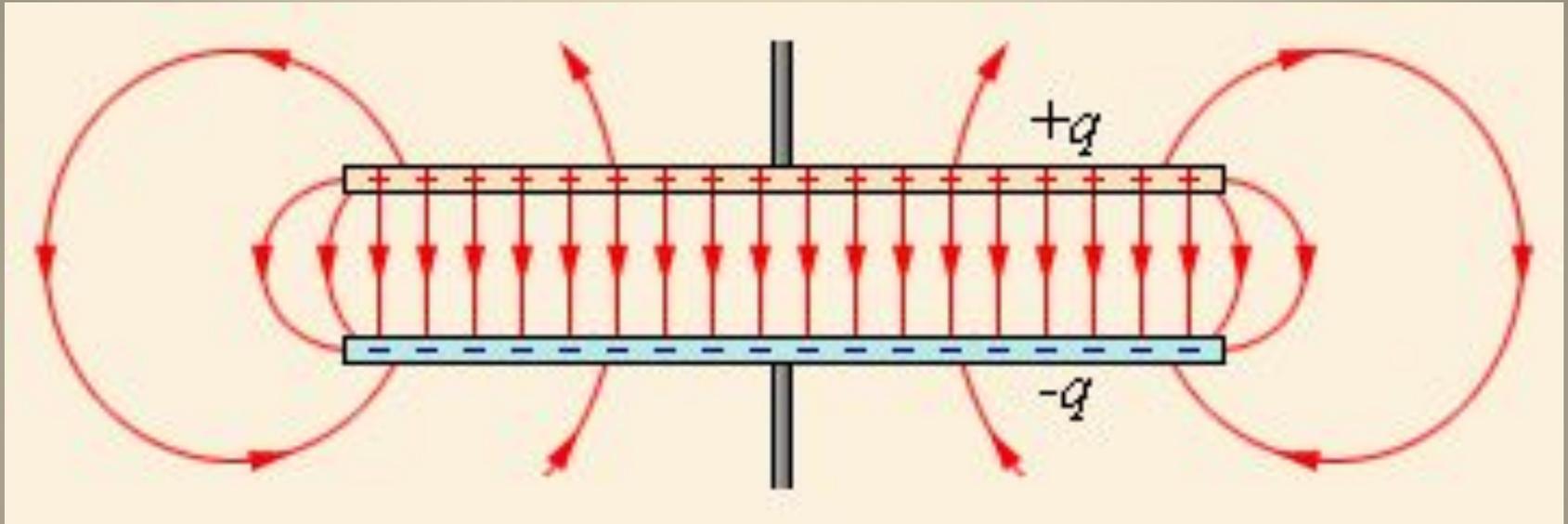
# Электрическая емкость. Конденсатор

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

- **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

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

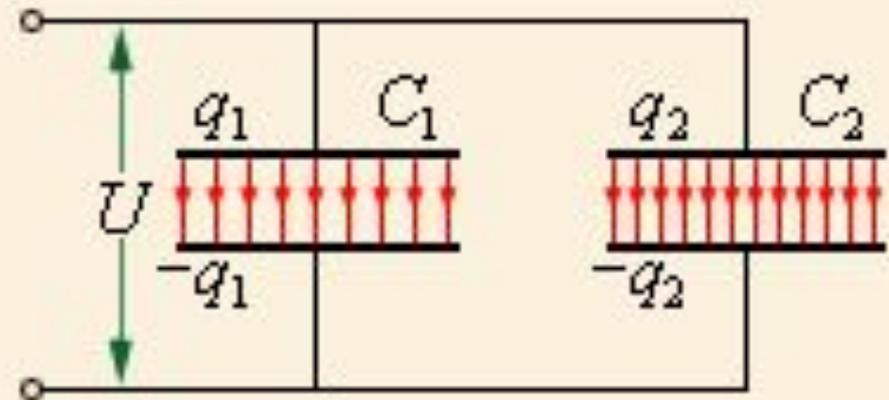
# Электрическая емкость. Конденсатор

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

При **параллельном соединении** конденсаторов:

$$U_1 = U_2 = U$$
$$q_1 = C_1 U \text{ и } q_2 = C_2 U$$
$$q = q_1 + q_2$$

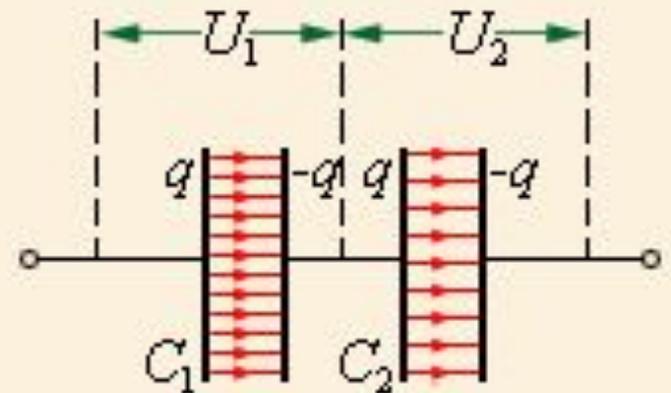
$$C = \frac{q_1 + q_2}{U} \text{ или } C = C_1 + C_2$$



При **последовательном соединении** конденсаторов:

$$q_1 = q_2 = q$$
$$U_1 = \frac{q}{C_1} \quad U_2 = \frac{q}{C_2}$$
$$U = U_1 + U_2$$

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



# Энергия электрического поля конденсатора

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

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

