Электростатическое поле в вакууме

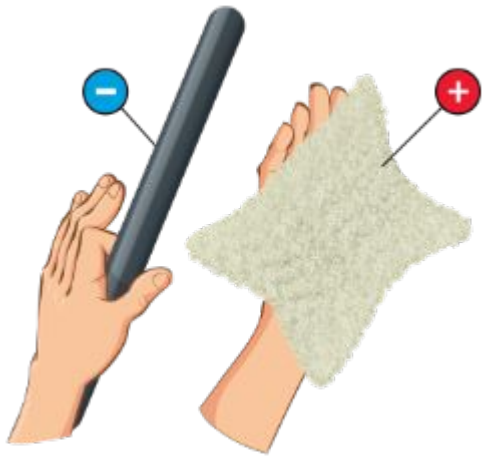
Электрические заряды и их свойства

Носители электрического заряда – заряженные тела и частицы

$q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

$q_p = +1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

Элементарный заряд – наименьший в природе



Электризация – электроны переходят с одного тела на другое
Избыток электронов – **отрицательный** заряд
Недостаток электронов - **положительный**

Электрические заряды и их свойства

Аддитивность – заряд системы равен сумме зарядов, образующих эту систему

Дискретность – заряды тел и частиц кратны элементарному заряду:

$q = \pm n \cdot |q_e|$, где $n = 0,1,2,3,4,\ldots$

Закон сохранения электрического заряда:

суммарный заряд электрически изолированной системы сохраняется

Характеристики распределения заряда

1. **Линейная плотность заряда** – заряд на единицу длины:

$$\tau = \frac{dq}{dl} \quad \left[\frac{Кл}{м}\right]$$

Если τ = const, то $\tau = \frac{q}{l}$

2. **Поверхностная плотность заряда** – заряд на единицу поверхности:

$$\sigma = \frac{dq}{dS} \quad \left[\frac{Кл}{м^2}\right]$$

Если σ = const, то $\sigma = \frac{q}{S}$

3. **Объемная плотность заряда** – заряд на единицу объема:

$$\rho = \frac{dq}{dV} \quad \left[\frac{Кл}{м^3}\right]$$

Если ρ = const, то $\sigma = \frac{q}{V}$

Закон Кулона в вакууме

Точечный заряд – заряженное тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь

Сила взаимодействия двух точечных зарядов:

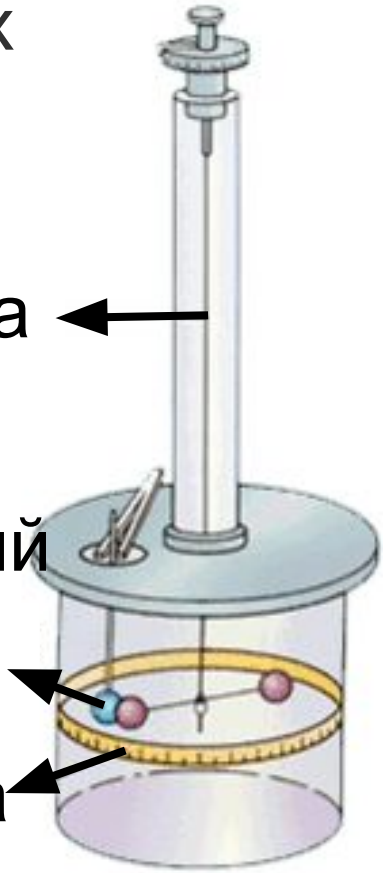
$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$k = 1/4\pi\varepsilon_0$$

$k = 9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл²

$$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$$ Ф/м

- электрическая постоянная



Закон Кулона в среде

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

ε – диэлектрическая проницаемость среды

Показывает, во сколько раз среда ослабляет силу взаимодействия между зарядами

Электрическое поле

- Всякий электрический заряд q создает в окружающем его пространстве **электрическое поле**

- **Электрическое поле** проявляет себя тем, что действует с силой $F_{эл}$ на помещенный в какую-либо точку другой заряд

- **Электростатическое поле** – поле, созданное **неподвижными** электрическими зарядами

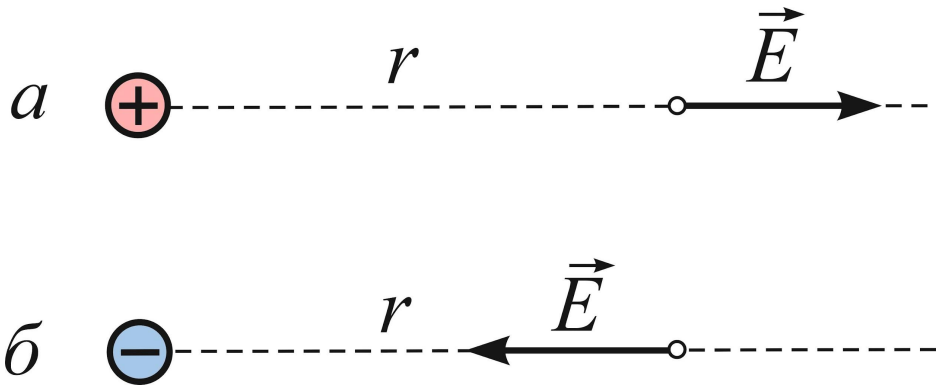
Напряженность электрического поля

Вектор напряженности:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \qquad \left[\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right] = \left[\frac{\text{В}}{\text{м}}\right]$$

Напряжённость - **силовая** характеристика поля

Напряженность равна отношению силы, действующей на помещенный в поле заряд, к этому заряду



Напряжённость поля точечного заряда:

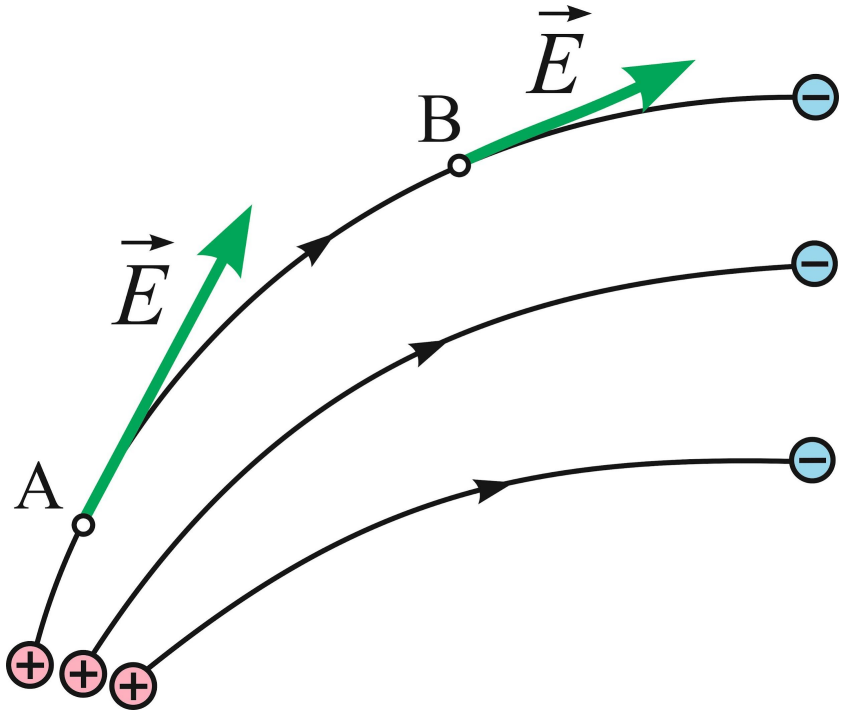
$$E_{\text{т.з.}} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

Напряженность электрического поля

Линии напряженности или **силовые линии** - это линии, касательные к которым в каждой точке совпадают по направлению с вектором напряженности поля

Свойства силовых линий:

- Начинаются на + и заканчиваются на -
- Не пересекаются

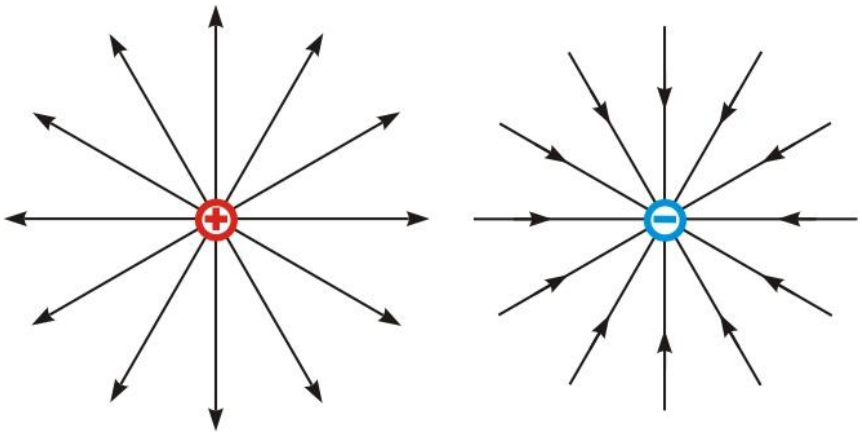


Напряженность электрического поля

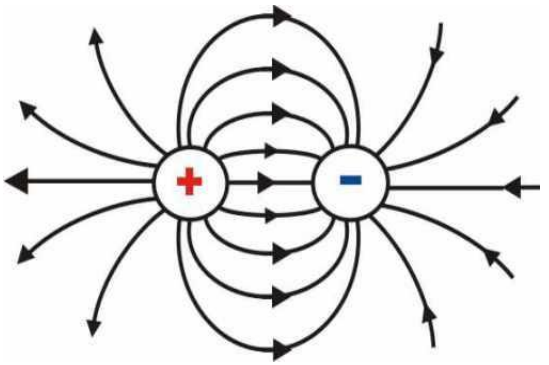
Силовые линии поля всегда направлены **от плюса к минусу**

Неоднородные поля:

Точечные заряды

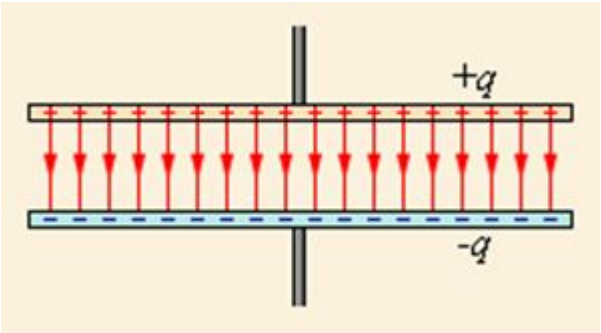


Диполь



Однородное поле:

$$\vec{E} = \text{const}$$



Поле плоского конденсатора

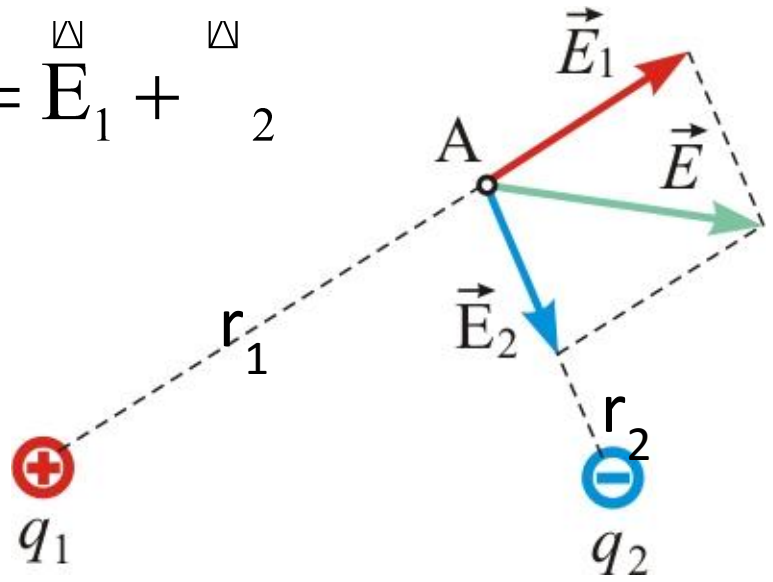
Принцип суперпозиции

Напряженность электрического поля ***E*** нескольких неподвижных точечных зарядов q_1, q_2,…q_N равна векторной сумме напряженностей полей, которые создавал бы каждый из этих зарядов в отсутствии остальных:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^{N} \vec{E}_i$$

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

Пример: Суперпозиция полей двух точечных зарядов:



Потенциальность электростатического поля

Электростатическое поле – потенциальное поле

- Работа по перемещению заряда в этом поле зависит только от **начальной и конечной** точек пути и не зависит от траектории
- Работа при перемещении заряда по любому замкнутому контуру **равна нулю**
- Работа сил электростатического поля равна убыли потенциальной энергии заряда в этом поле:

$$A_{12} = W_1 - W_2$$

Электрический потенциал

Электрический потенциал – отношение потенциальной энергии точечного заряда, помещенного в данную точку поля к величине этого заряда:

$$\varphi = \frac{W}{q_0} \qquad [В] = \left[\frac{Дж}{Кл}\right]$$

Электрический потенциал

Потенциал поля точечного заряда:

$$\varphi_{т.з.} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

$$r \to \infty \Rightarrow$$

$$\varphi \to 0$$

Электрический потенциал

Потенциал поля системы точечных зарядов:

$$\varphi = \sum_{i=1}^{N} \varphi_i = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sum_{i=1}^{N} \frac{q_i}{r_i}$$

Электрический потенциал

Запишем выражение для работы с учетом определения потенциала:

$$\left.\begin{array}{l} A_{12} = W_1 - W_2 \\ W = q_0\varphi \end{array}\right\} \Rightarrow A_{12} = q_0\left(\varphi_1 - \varphi_2\right)$$

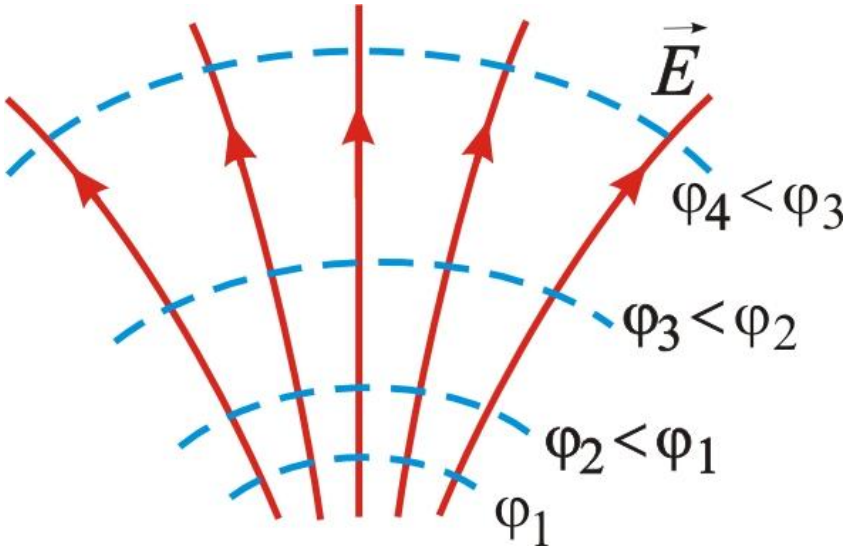
Разность потенциалов $\phi_1 - \phi_2$ численно равна работе, совершаемой силами поля при перемещении единичного положительного точечного заряда между точками 1 и 2

Напряжение:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{12}}{q_0} \quad [\text{В}]$$

Эквипотенциальные поверхности

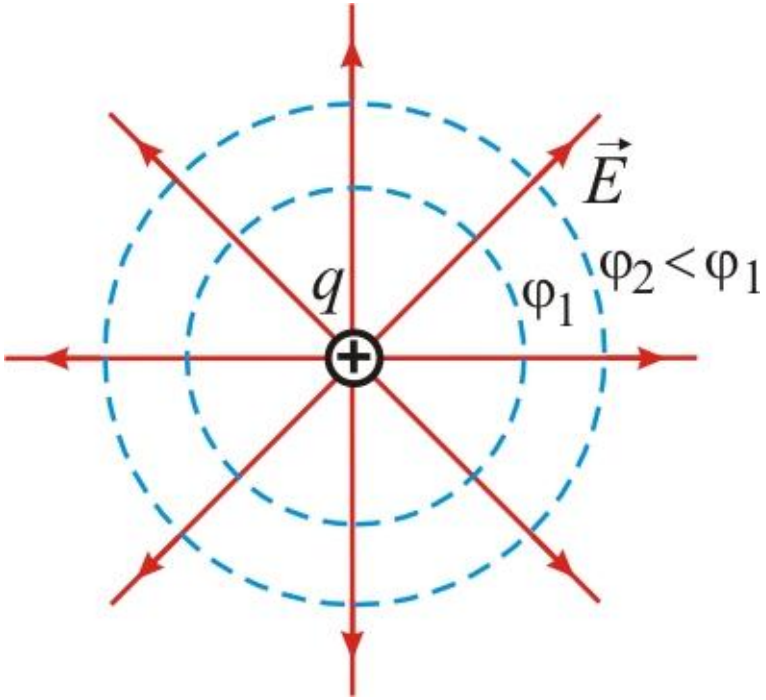
Эквипотенциальная поверхность – поверхность, во всех точках которой потенциал имеет одно и то же значение

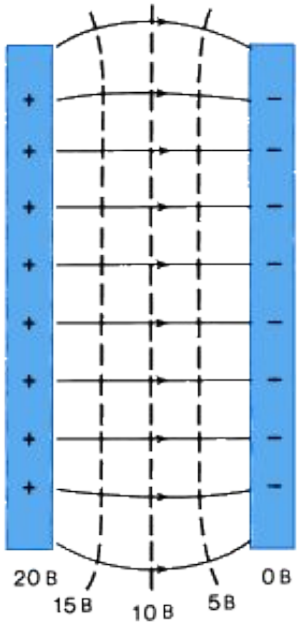


Линии напряженности в каждой точке поля ⊥ эквипотенциальным поверхностям

Эквипотенциальные поверхности

Поле точечного заряда





Поле плоского конденсатора – однородное поле:

$$E = U / d$$

Спасибо за внимание!

Список должников:

301 группа:

Герасимова Виолетта (работа по мол. физ.)
Иголкин Владислав (работа по мол. физ. и электричеству)
Курбанов Далер (работа по мол. физ.)
Поляков Игорь (работа по мех., мол. физ. и электричеству)
Рождественский Ростислав (работа по мех., мол. физ.)

303 и 304 группы:

Бурмистров Олег (работа по механике)

Все должники могут написать мне письмо на электронную почту, решим, что делать.