

О градиенте

$$\vec{F} = -\text{grad } W_n$$

Градиент — это дифференциальная операция, превращающая скалярную функцию, в векторную функцию.

Градиент — это вектор, направленный в сторону наибольшего возрастания функции. Вектор градиента перпендикулярен поверхности, на которой функция постоянная.

Величина градиента равна скорости изменения функции в направлении её наибольшего возрастания.

\vec{F} направлен в сторону наибольшего убывания потенциальной энергии. При этом, этот вектор перпендикулярен поверхности, на которой потенциальная энергия — константа.

Электростатика

Электрический заряд. Закон Кулона.

Экспериментально установлено, что тела можно привести в состояние, когда они начинают взаимодействовать друг с другом (например — трение). Говорят, что тела, способны электрическим взаимодействиям, имеют электрический заряд.

Заряд — это мера способности тела к электрическим взаимодействиям.

Условно заряды различаются на два типа: положительные и отрицательные, одноимённые заряды отталкиваются, разноимённые заряды притягиваются.

Заряженные частицы входят в состав атомов, мельчайшим зарядом является заряд электрона.

$$q_e = -e = -1.6 \cdot 10^{-19}$$

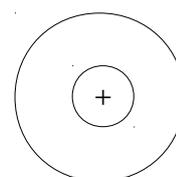
e — элементарный заряд

$$Q_{\text{тела}} = \pm Ne$$

N — число либо избыточных, либо недостающих электронов.

Ставится минус, если избыток электронов

Ставится плюс, если недостаточно электронов



Для двух точечных зарядов справедлив закон Кулона.

$$F_{\text{кул}} \sim \frac{|q_1| |q_2|}{z^2}$$

$$F_{12} = F_{21} = F_{\text{кул}}$$

Си: $[a] = Кл$; $[r] = м$; $[F] = Н \Rightarrow 9 \cdot 10^9 \frac{Н}{м^2 Кл^2}$

$$F_{\text{кул}} = k \frac{|q_1||q_2|}{z^2} ; \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$F_{\text{кул}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1||q_2|}{z^2} , \quad \epsilon_0 = 8.885 \cdot 10^{-12} \frac{\text{М}^2 \text{Кл}^2}{\text{Н}}$$

Придадим формуле силы кулона векторный характер:

$$\vec{F}_{21} = k \frac{q_1 q_2}{z_{12}^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{z_{12}}$$

Напряженность электрического поля.

Принцип суперпозиции.

Силовые линии и их свойства.

Взаимодействие электрических зарядов происходит по средством электрического поля. Электрическое поле создаётся электрическим зарядом и воздействует на электрический заряд.

Силовой характеристикой электрического поля является вектор напряженности (\vec{E}).

Определение: Напряженность в данной точке электрического поля — это вектор равный отношению силы действующей на единичный положительный точечный заряд, помещённый в данное поле, к величине заряда.

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

\vec{F} - это сила, действующая на q со стороны поля.

q — это заряд ($q > 0$), помещённый в ту точку, в которой вычисляем E

Если вектор напряженности создаётся с положительным зарядом, то он направлен от него.

$$[E] = \frac{\text{В}}{\text{м}} = \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$

Получим выражение для напряжённости поля, создаваемого точечным зарядом.

Дано: Q ; r , **Найти:** $E(r)$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = k \frac{Qq}{r^3} \vec{r} = k \frac{Q}{r^3} \vec{r}$$

$$\boxed{\vec{E}(r) = k \frac{Q}{r^3} \vec{r}} ; \quad \boxed{E(r) = k \frac{|Q|}{r^2}}$$

График напряженности точечного заряда обратно пропорционален квадрату расстояния.

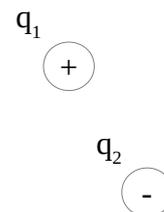
Принцип суперпозиции

Рассмотрим электрическое поле, создаваемое несколькими электрическими зарядами, например двумя, и найдём напряжённость в произвольной точке (в точке a).

A ●

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

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2}{q} = \frac{\vec{F}_1}{q} + \frac{\vec{F}_2}{q} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$



В общем случае n зарядов: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \dots + \vec{E}_n$ или $\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$

Напряжённость в точке поля, созданного несколькими зарядами равна векторной сумме напряженности полей, созданных в этой точке, с каждым зарядом в отдельности.

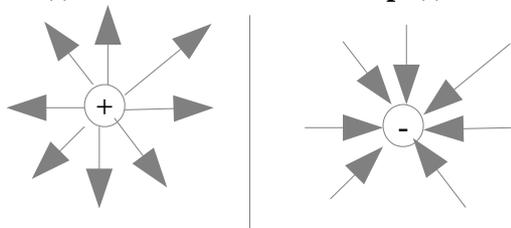
Графически электрическое поле изображается с помощью силовых линий (линий напряженности).

Определение: Силовая линия, это линия, касательная к которой в каждой точке совпадает с вектором напряженности.

Свойства силовых линий:

1. Начинаются на положительных зарядах или в бесконечности, заканчиваются в отрицательном заряде или минус бесконечности.
2. Не пересекаются
3. Густота силовых линий пропорциональна величине напряженности (E) поля.

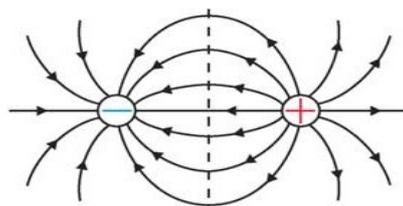
1. Одиночный точечный заряд



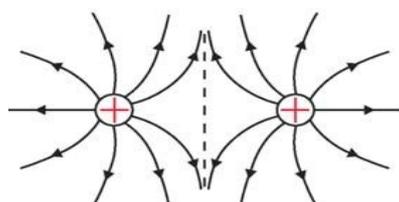
Чем ближе к заряду, тем линии гуще и напряженность больше.

2. Два заряда

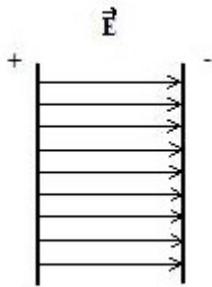
а) Разноимённые



б) Одноимённые



3. Однородное электрическое поле: в каждой точке \vec{E} одинаков
 $\vec{E} = \text{const}$ - однородное электрическое поле.



**Электрический диполь.
Поведение диполя в электрическом поле.**

Электрический диполь («двойной полюс») - система двух одинаковых по модулю разноимённых точечных зарядов находящихся на фиксированном расстоянии друг от друга. Вектор, направленный от $-q$ к q , называется плечо диполя.

$$\vec{p} = q\vec{l} ; \vec{p} \uparrow \uparrow \vec{l} ; p \text{ — дипольный момент; } [p] = \text{Кл} \cdot \text{м}$$

Диполь называется точечным, если характерные размеры пространства, где он находится, значительно больше его плеча.

1. Диполь в однородном поле