

**Тема: «Электростатическое поле. Напряженность электростатического поля.
Принцип суперпозиции электростатических полей.»**

По современным представлениям, электрические заряды не действуют друг на друга непосредственно. Каждое заряженное тело создает в окружающем пространстве электрическое поле. Это поле оказывает силовое действие на другие заряженные тела. Главное свойство электрического поля – действие на электрические заряды с некоторой силой. Таким образом, взаимодействие заряженных тел осуществляется не непосредственным их воздействием друг на друга, а через электрические поля, окружающие заряженные тела.

Электрическое поле, окружающее заряженное тело, можно исследовать с помощью, так называемого, **пробного заряда** – небольшого по величине точечного заряда, который не производит заметного перераспределения исследуемых зарядов.

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:

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

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

Электрическое поле неподвижных и не меняющихся со временем зарядов называется **электростатическим**. Во многих случаях для краткости это поле обозначают общим термином – **электрическое поле**.

Если с помощью пробного заряда исследуется электрическое поле, создаваемое несколькими заряженными телами, то результирующая сила оказывается равной геометрической сумме сил, действующих на пробный заряд со стороны каждого заряженного тела в отдельности. Следовательно, *напряженность электрического поля, создаваемого системой зарядов в данной точке пространства, равна векторной сумме напряженностей электрических полей, создаваемых в той же точке зарядами в отдельности:*

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

Это свойство электрического поля означает, что поле подчиняется **принципу суперпозиции**.

В соответствии с законом Кулона напряженность электростатического поля, создаваемого точечным зарядом Q на расстоянии r от него, равна по модулю

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

Это поле называется кулоновским. В кулоновском поле направление вектора зависит от знака заряда Q : если $Q > 0$, то вектор направлен по радиусу от заряда, если $Q < 0$, то вектор направлен к заряду.

Для наглядного изображения электрического поля используют силовые линии. Эти линии проводят так, чтобы направление вектора в каждой точке совпадало с направлением касательной к силовой линии (рис. 1). При изображении электрического поля с помощью силовых линий, их густота должна быть пропорциональна модулю вектора напряженности поля.

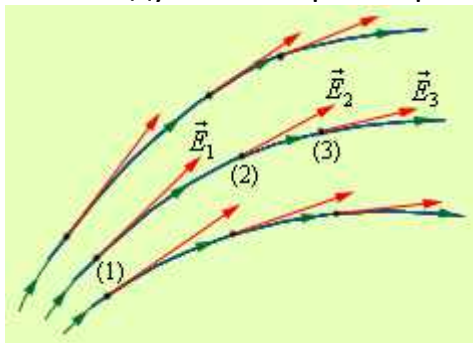


Рисунок 1. Силовые линии электрического поля

Силовые линии кулоновских полей положительных и отрицательных точечных зарядов изображены на рис. 2. Так как электростатическое поле, создаваемое любой системой зарядов, может быть представлено в виде суперпозиции кулоновских полей точечных зарядов, изображенные на рис. 2 поля можно рассматривать как элементарные структурные единицы («кирпичики») любого электростатического поля.

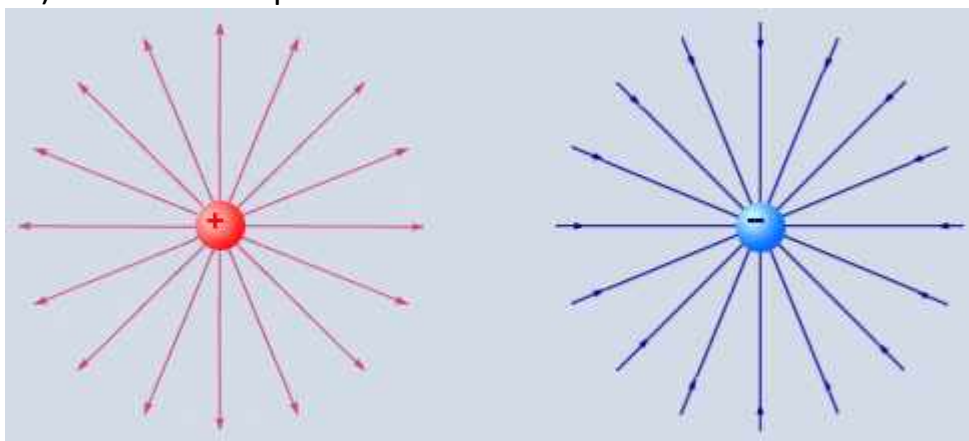


Рисунок 2. Силовые линии кулоновских полей

Кулоновское поле точечного заряда Q удобно записать в векторной форме. Для этого нужно провести радиус-вектор \vec{r} от заряда Q к точке наблюдения. Тогда при $Q > 0$ вектор \vec{E} параллелен \vec{r} , а при $Q < 0$ вектор \vec{E} антипараллелен \vec{r} . Следовательно, можно записать:

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

где r – модуль радиус-вектора \vec{r} .

В качестве примера применения принципа суперпозиции полей на рис. 3. изображена картина силовых линий поля электрического диполя – системы из двух одинаковых по модулю зарядов разного знака q и $-q$, расположенных на некотором расстоянии l .

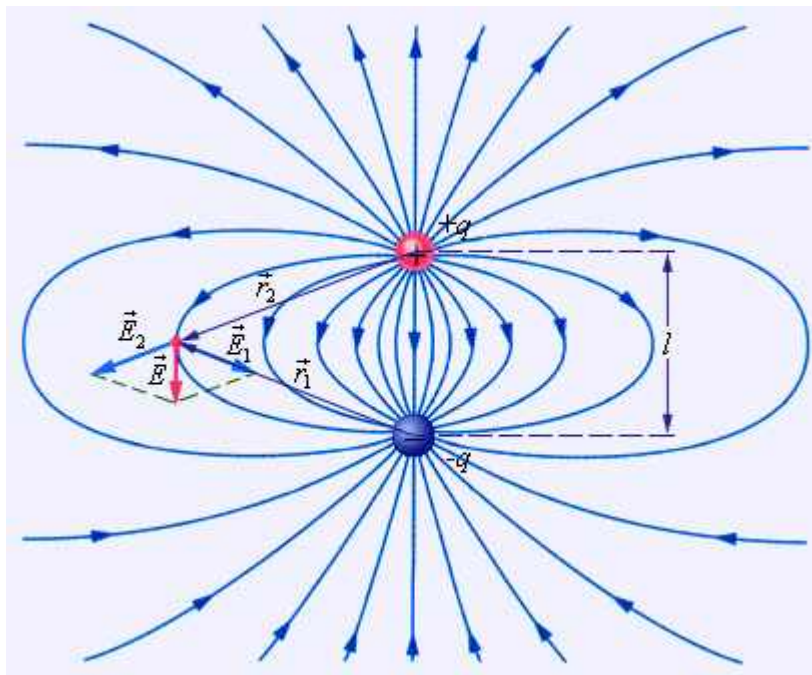


Рисунок 3. Силовые линии поля электрического диполя $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Важной характеристикой электрического диполя является так называемый дипольный момент \vec{p} :

$$\vec{p} = \vec{l}q,$$

где \vec{l} – вектор, направленный от отрицательного заряда к положительному, модуль $|\vec{l}| = l$. Диполь может служить электрической моделью многих молекул.

Электрическим дипольным моментом обладает, например, нейтральная молекула воды (H_2O), так как центры двух атомов водорода располагаются не на одной прямой с центром атома кислорода, а под углом 105° (рис. 4). Дипольный момент молекулы воды $p = 6,2 \cdot 10^{-30}$ Кл м.

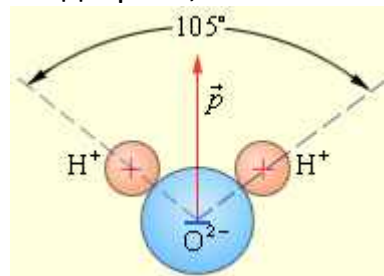


Рисунок 4. Дипольный момент молекулы воды

Во многих задачах электростатики требуется определить электрическое поле по заданному распределению зарядов. Пусть, например, нужно найти электрическое поле длинной однородно заряженной нити (рис. 5) на расстоянии R от нее.

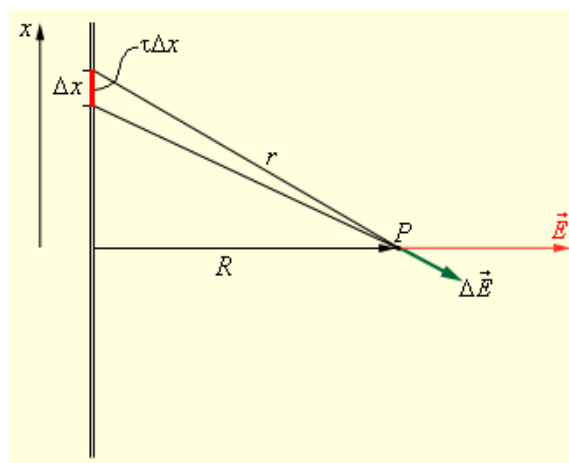
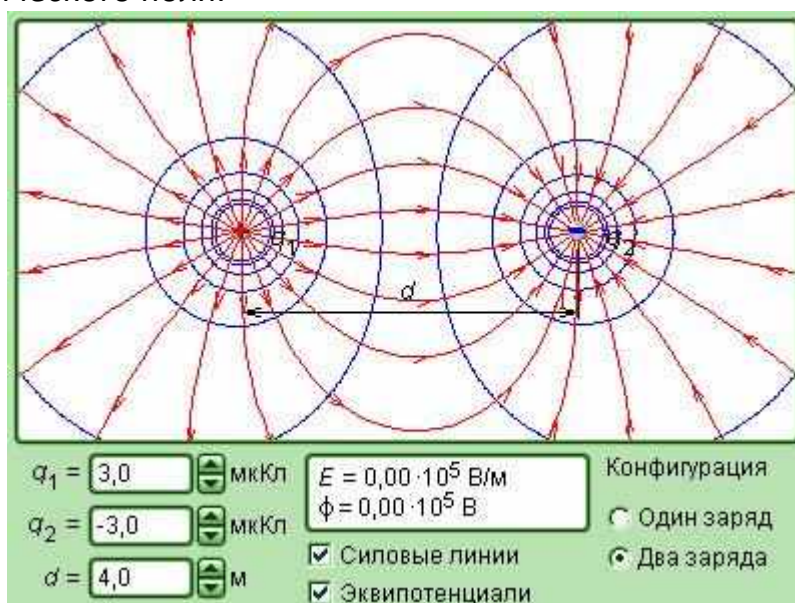


Рисунок 5. Электрическое поле заряженной нити

Поле в точке наблюдения P может быть представлено в виде суперпозиции кулоновских полей, создаваемых малыми элементами Δx нити, с зарядом $\tau \Delta x$, где τ – заряд нити на единицу длины. Задача сводится к суммированию (интегрированию) элементарных полей результирующее поле оказывается равным

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 R}$$

Вектор \vec{E} везде направлен по радиусу \vec{R} . Это следует из симметрии задачи. Уже этот простой пример показывает, что прямой путь определения поля по заданному распределению зарядов приводит к громоздким математическим выкладкам. В ряде случаев можно значительно упростить расчеты, если воспользоваться теоремой Гаусса, которая выражает фундаментальное свойство электрического поля.



Модель. Электрическое поле точечных зарядов

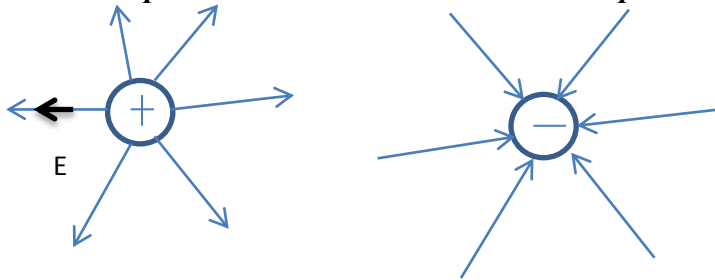
Принцип суперпозиции полей

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + \dots + \mathbf{E}_n$$

Напряженность поля системы зарядов в данной точке равна векторной сумме напряженностей полей, создаваемых в этой точке каждым зарядом в отдельности.

Для описания зарядов, распределенных по поверхности предметов вводят понятие силовых линий.

Линии, касательные к которым в каждой точке имеют направление вектора напряженности электрического поля в этой точке называются силовыми линиями электрического поля или линиями напряженности.



Свойства силовых линий электростатического поля

1. Силовые линии электростатического начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных зарядах (или на бесконечности).
2. Чем больше модуль напряженности электростатического поля тем больше густота расположения силовых линий.
3. Силовые линии не замкнуты (идут от + заряда к -), непрерывны, не пересекаются
4. Чем гуще расположены силовые линии, тем больше напряженность электростатического поля.

Однородное поле – это поле во всех точках которого вектор напряженности имеет один и тот же модуль и направление называется однородным полем.

$$E = \text{const}$$

