

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД. ЗАКОН КУЛОНА. НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ.

Преподаватель: Бахмат С.А.

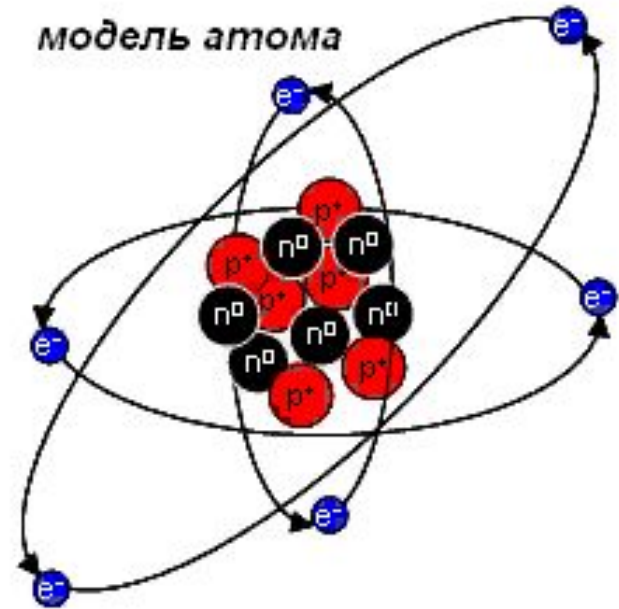
Электрический заряд

Нам приходится буквально отлеплять одну от другой свежестырианные и доставаемые из сушилки вещи, или когда мы никак не можем привести в порядок наэлектризованные и буквально встающие дыбом волосы. А кто не пробовал подвесить воздушный шарик к потолку, после трения его о голову? Подобное притяжение и отталкивание является проявлением *статического электричества*. Подобные действия называются *электризацией*.

Статическое электричество объясняется существованием в природе *электрического заряда*. Заряд является неотъемлемым свойством элементарных частиц. Заряд, который возникает на стекле при трении его о шелк, условно называют **положительным**, а заряд, возникающий на эбоните при трении о шерсть, - **отрицательным**.

Электрический заряд

Рассмотрим атом. Атом состоит из ядра и, летающих вокруг него, электронов (на рисунке синие частицы). Ядро состоит из протонов (красные) и нейтронов (черные).



Носителем отрицательного заряда является электрон, положительного - протон. Нейтрон - нейтральная частица, не имеет заряда.

Электрический заряд

Величина элементарного заряда - электрона или протона, имеет постоянное значение и равна

$$|q| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

q - электрический заряд

q_e, e - заряд электрона

q_p - заряд протона

$[q] = 1 \text{ Кл}$ (Кулон)

Весь атом нейтрально заряжен, если количество протонов соответствует электронам. Что произойдет, если один электрон оторвется и улетит? У атома станет на один протон больше, то есть положительных частиц больше, чем отрицательных. Такой атом называют **положительным ионом**. А если присоединится один электрон лишней - получим **отрицательный ион**. Электроны, оторвавшись, могут не присоединятся, а некоторое время свободно перемещаться, создавая отрицательный заряд. Таким образом, в веществе свободными носителями заряда являются электроны, положительные ионы и отрицательные ионы.

Электрический заряд

Для того, чтобы имелся свободный протон, необходимо, чтобы разрушилось ядро, а это означает разрушение атома целиком. Такие способы получения электрического заряды мы рассматривать не будем.

Тело становится заряженным, когда оно содержит избыток одних или иных заряженных частиц (электронов, положительных или отрицательных ионов).

Величина заряда тела кратна элементарному заряду. Например, если в теле 25 свободных электронов, а остальные атомы являются нейтральными, то тело заряжено отрицательно и его заряд составляет

$$q = -25 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = -40 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Электрический заряд

Одноименные заряды (два положительных или два отрицательных) **отталкиваются**, разноименные (положительный и отрицательный) - **притягиваются**

Точечный заряд - это материальная точка, которая имеет электрический заряд.

Закон сохранения электрического заряда

Замкнутая система тел в электричестве - это такая система тел, когда между внешними телами нет обмена электрическими зарядами.

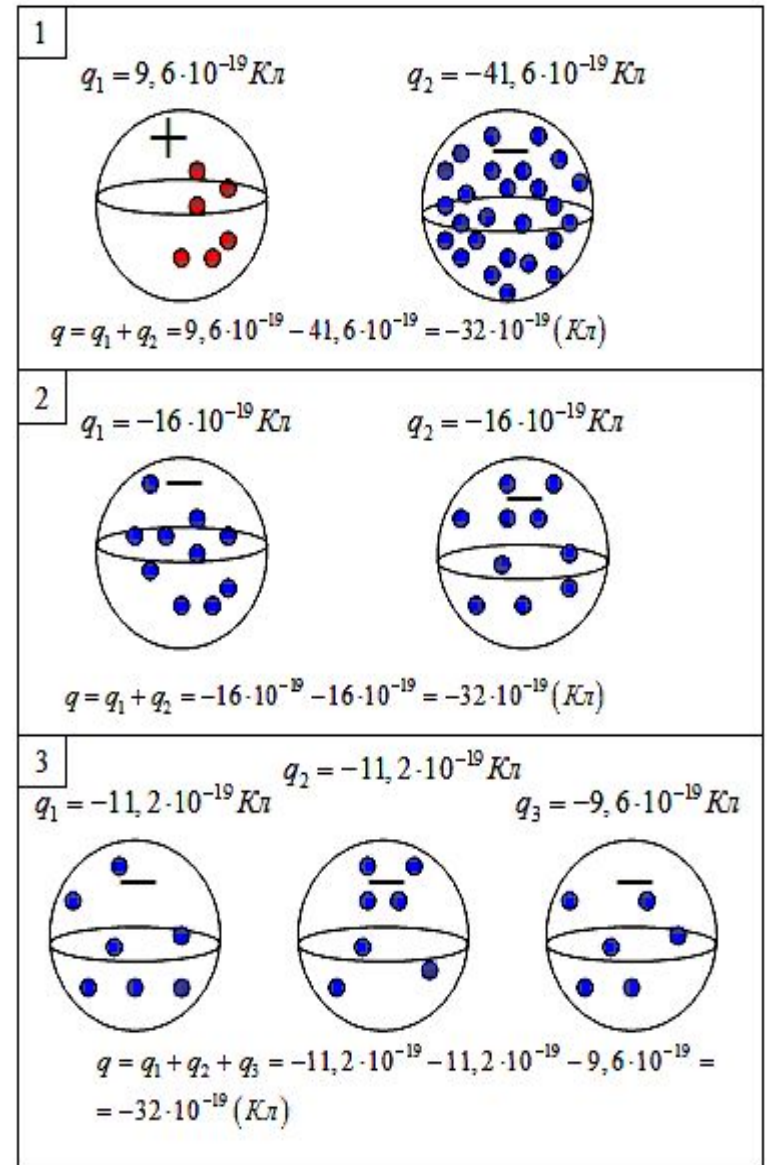
Алгебраическая сумма электрических зарядов тел или частиц остается постоянной при любых процессах, происходящих в электрически замкнутой системе.

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_i = \text{const}$$

Закон сохранения электрического заряда

На рисунке пример закона сохранения электрического заряда. На первой картинке два тела разноименного заряда. На втором рисунке те же тела после соприкосновения. На третьем рисунке в электрически замкнутую систему внесли третье нейтральное тело и тела привели во взаимодействие друг с другом.

В каждой ситуации алгебраическая сумма заряда (с учетом знака заряда) остается постоянной.



Главное запомнить

- 1) **Элементарный электрический заряд - электрон и протон**
- 2) **Величина элементарного заряда постоянна**
- 3) **Положительный и отрицательный заряды и их взаимодействие**
- 4) **Носителями свободных зарядов являются электроны, положительные ионы и отрицательные ионы**
- 5) **Электрический заряд дискретен**
- 6) **Закон сохранения электрического заряда**

Закон Кулона

Два точечных заряда действуют друг на друга с силой, которая обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и прямо пропорциональна произведению их зарядов (без учета знака зарядов)

$$\vec{F}_{\text{кл}} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{\varepsilon r^2}$$

$\vec{F}_{\text{кл}}$ – сила Кулона

q_1 – заряд первого тела (точечного заряда)

q_2 – заряд второго тела (точечного заряда)

r – расстояние между зарядами

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \quad k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \quad \text{постоянная величина}$$

ε – относительная диэлектрическая проницаемость среды

$$[F] = 1\text{Н} \quad [q] = 1\text{Кл} \quad [r] = 1\text{м} \quad [k] = 1 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$[\varepsilon]$ – безразмерная

Закон

Кулона

В различных средах, например в воздухе и в воде, два точечных заряда взаимодействуют с разной силой. Относительная диэлектрическая проницаемость среды характеризуют это различие. Это известная табличная величина. Для воздуха $\epsilon = 1$

Постоянная k определяется как

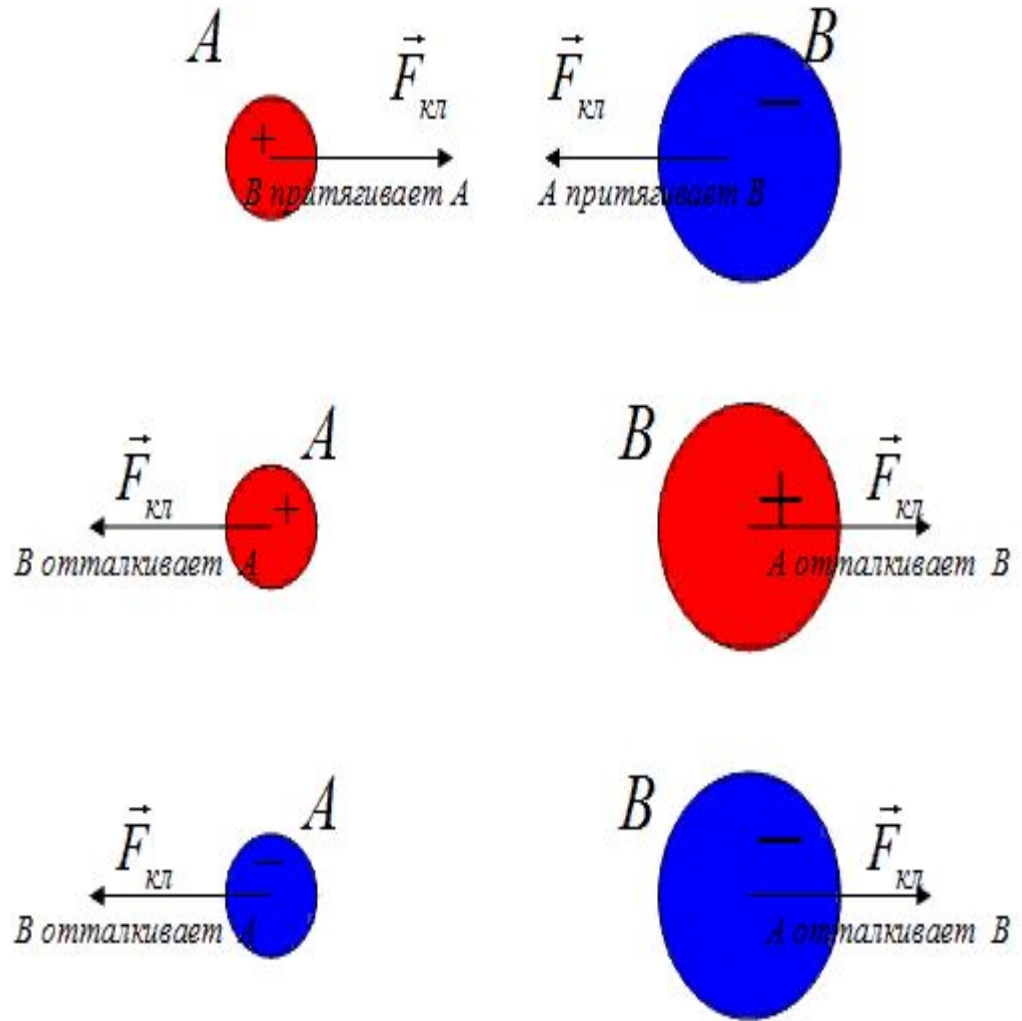
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\pi = 3,14$$

$$\epsilon_0 - \text{электрическая постоянная } \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$$

Направление силы Кулона

Согласно третьему закону Ньютона, силы одной природы возникают попарно, равны по величине, противоположны по направлению. Если взаимодействуют два неодинаковых заряда, сила, с которой больший заряд действует на меньший (В на А) равна силе, с которой меньший действует на больший (А на В).



Связь с гравитацией*

Интересно, что у различных законов физики есть некоторые общие черты. Вспомним закон тяготения. Сила гравитации также обратно пропорциональны квадрату расстояния, но уже между массами

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

и невольно возникает мысль, что в этой закономерности таится глубокий смысл. До сих пор никому не удалось представить тяготение и электричество как два разных проявления одной и той же сущности.

Связь с гравитацией*

Сила и тут изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния, но разница в величине электрических сил и сил тяготения поразительна. Пытаясь установить общую природу тяготения и электричества, мы обнаруживаем такое превосходство электрических сил над силами тяготения, что трудно поверить, будто у тех и у других один и тот же источник. Как можно говорить, что одно действует сильнее другого? Ведь все зависит от того, какова масса и каков заряд. Рассуждая о том, насколько сильно действует тяготение, вы не вправе говорить: "Возьмем массу такой-то величины", потому что вы выбираете ее сами. Но если мы возьмем то, что предлагает нам сама Природа (ее собственные числа и меры, которые не имеют ничего общего с нашими дюймами, годами, с нашими мерами), тогда мы сможем сравнивать. Мы возьмем элементарную заряженную частицу, такую, например, как электрон. Две элементарные частицы, два электрона, за счет электрического заряда отталкиваются друг друга с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними, а за счет гравитации притягиваются друг к другу опять-таки с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния.

Связь с гравитацией*

Вопрос: каково отношение силы тяготения к электрической силе? Тяготение относится к электрическому отталкиванию, как единица к числу с 42 нулями. Это вызывает глубочайшее недоумение. Откуда могло взяться такое огромное число?

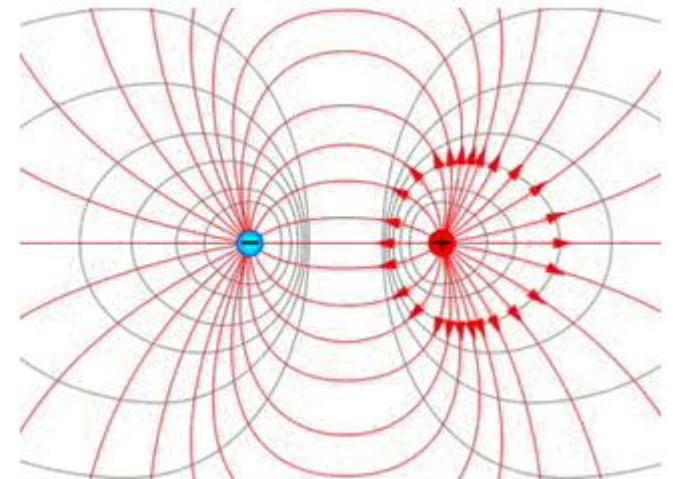
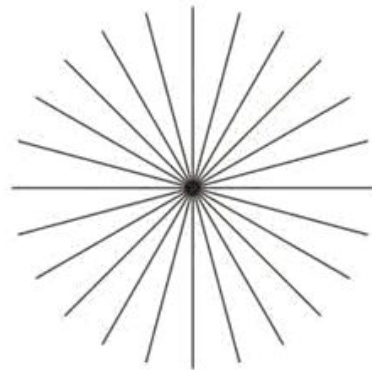
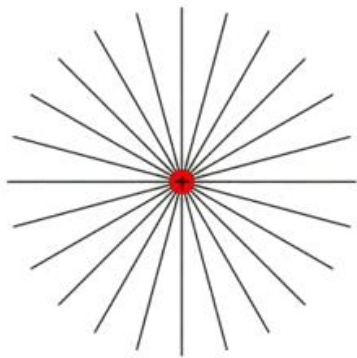
Люди ищут этот огромный коэффициент в других явлениях природы. Они перебирают всякие большие числа, а если вам нужно большое число, почему не взять, скажем, отношение диаметра Вселенной к диаметру протона - как ни удивительно, это тоже число с 42 нулями. И вот говорят: может быть, этот коэффициент и равен отношению диаметра протона к диаметру Вселенной? Это интересная мысль, но, поскольку Вселенная постепенно расширяется, должна меняться и постоянная тяготения. Хотя эта гипотеза еще не опровергнута, у нас нет никаких свидетельств в ее пользу. Наоборот, некоторые данные говорят о том, что постоянная тяготения не менялась таким образом. Это громадное число по сей день остается загадкой.

Электростатическое поле

Электростатическое поле - это особая форма материи, которая возникает вокруг неподвижного электрического заряда. Это поле нет возможности увидеть, понюхать. Поле можно представить при помощи *линий напряженности* (силовых линий).

Электростатическое поле

На рисунке видно, какое **поле** направление имеют силовые линии: начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных. Изображено и то, как линии напряженности распределяются при взаимодействии одноименных и разноименных зарядов.



Электростатическое

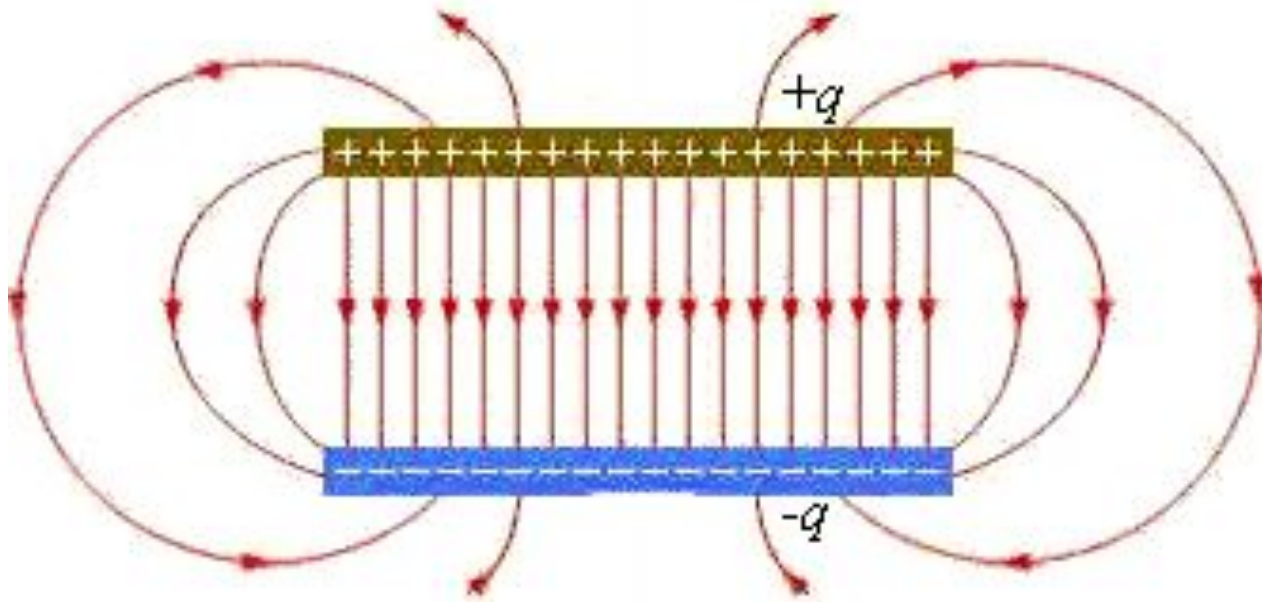
В реальности силовые линии **поля** можно увидеть при помощи железных опилок.



Чем дальше удалиться от заряда, тем меньше сила поля (силовые линии редееют), тем слабее взаимодействуют заряженные тела, посредством создаваемого ими поля.

Электростатическое поле

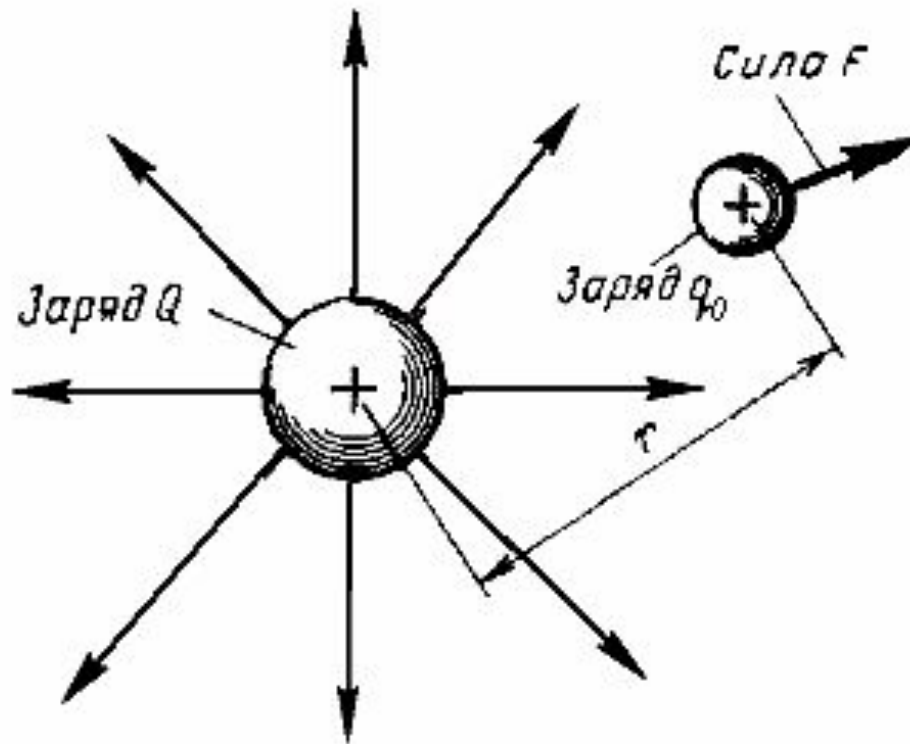
Поле бывает **однородным**. В этом случае линии напряженности параллельные.



Поле однородное между пластинами в центре

Напряженность поля

Как оценить силу поля вокруг некоторого заряда? Для этого используют **пробный заряд q_0** . Пробный заряд - это всегда положительный заряд, его собственное электростатическое поле ничтожно мало, относительно исследуемого поля.



Напряженность

Сила, с которой поле действует на пробный заряд в данной точке поля, называется **напряженностью электростатического поля** в этой точке

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

\vec{E} – напряженность электростатического поля

\vec{F} – сила

q_0 – пробный заряд

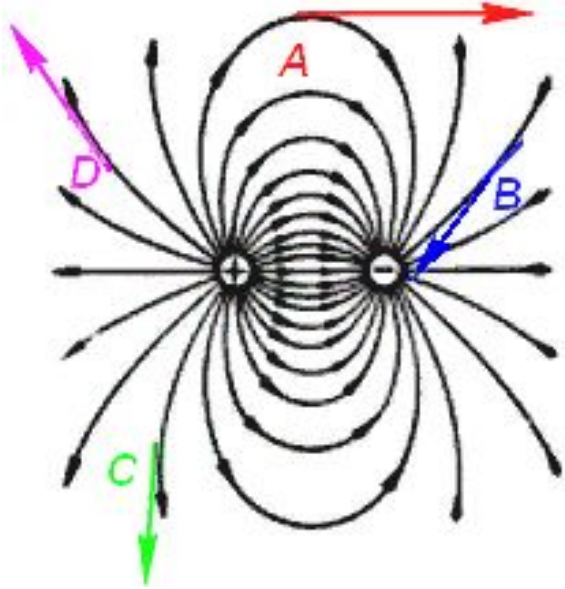
$$[F] = 1Н$$

$$[q] = 1Кл$$

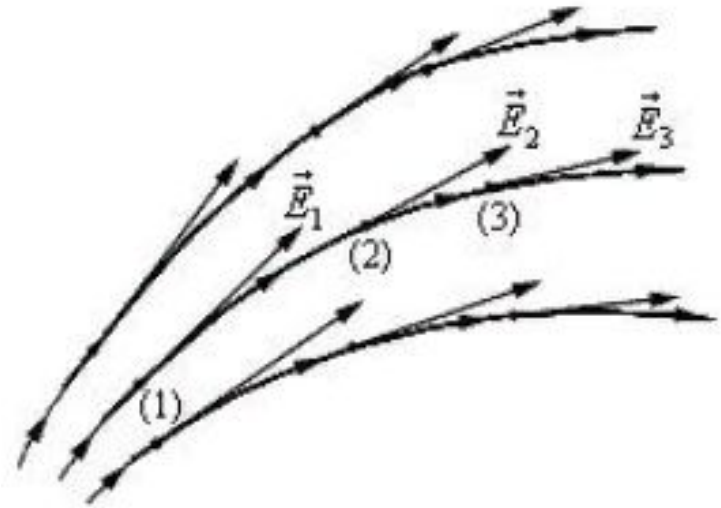
$$[E] = 1 \frac{В}{м}$$

Напряженность

Напряженность поля - **векторная** величина. Вектора - это касательная к линиям напряженности в данной точке поля. Направлен вектор туда же, куда силовая линия (линия напряженности).



Вектор напряженности в различных точках поля: А, В, С и D



Вектор напряженности в точках 1, 2 и 3

Напряженность поля

Можно вывести формулу

$$E = \frac{kq}{\epsilon r^2}$$

- напряженность поля точечного заряда q на расстоянии r от него.

Принцип

Если поле создается несколькими зарядами, то напряженность в некоторой точке равна векторной сумме напряженностей каждого из полей в отдельности

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