

Электростатика. Закон Кулона



Мельникова С. Ю.
Учитель физики
ГБОУ гимназия 52



Закон Кулона - основной закон электростатики



Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции полей



Потенциальная энергия заряженного тела в однородном электростатическом поле



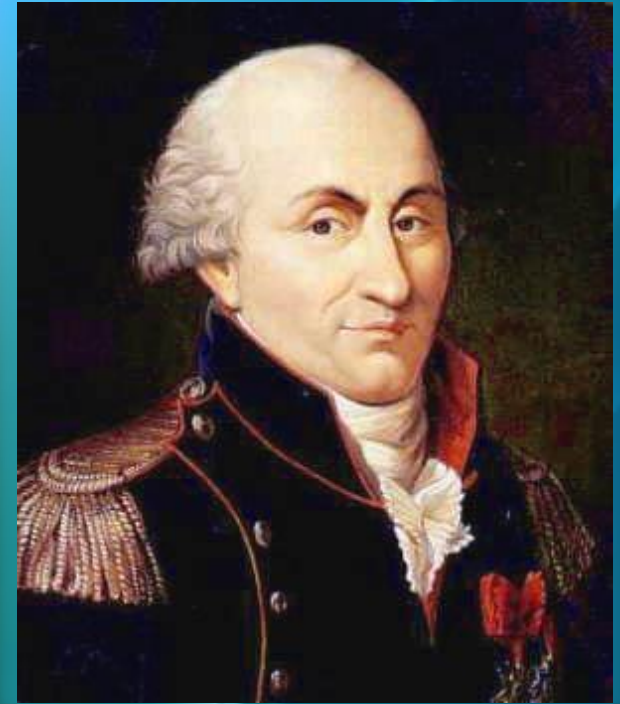
Закон Кулона - основной закон электростатики



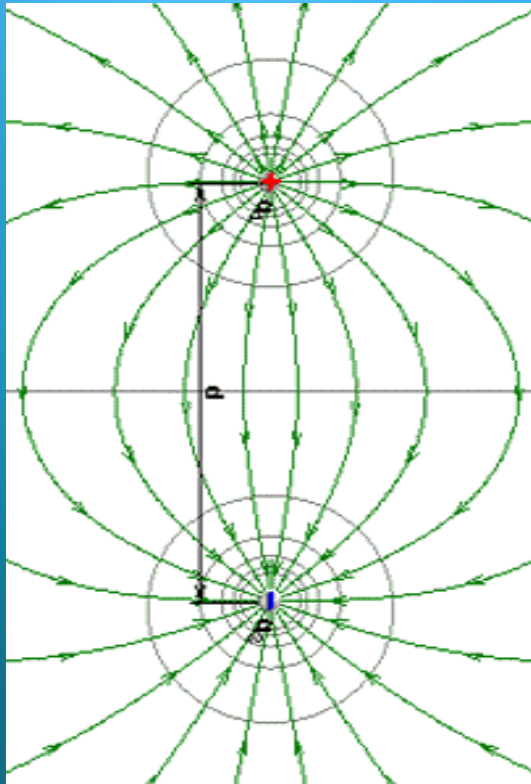
Закон Кулона — это закон о взаимодействии точечных электрических зарядов. Он был открыт Шарлем Кулоном в 1785 г. Известный ученый дал следующую формулировку этому закону:

Сила взаимодействия двух точечных неподвижных заряженных тел в вакууме направлена вдоль прямой, соединяющей заряды, прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

«Точечные» заряженные тела - такие тела, расстояния между которыми значительно превосходит их размеры.



Шарль Огюстен де Кулон



Электрическое поле двух
точечных зарядов

Важно отметить, что для того, чтобы закон был верен, необходимы:

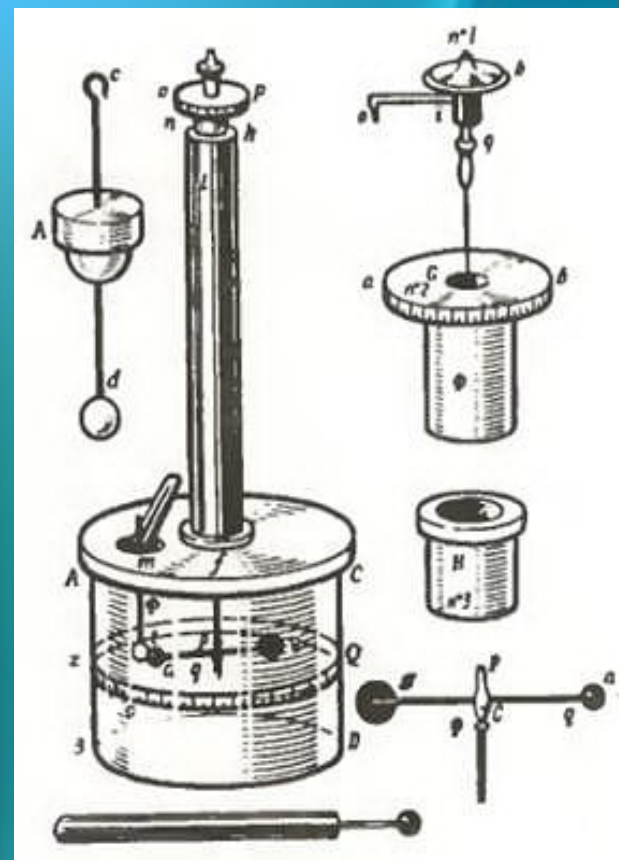
- точечность зарядов — то есть расстояние между заряженными телами много больше их размеров;
- их неподвижность - иначе нужно учитывать дополнительные эффекты (возникающее магнитное поле движущегося заряда и соответствующую ему дополнительную силу, действующую на другой движущийся заряд);
- взаимодействие в вакууме.



В векторном виде в формулировке Ш. Кулона закон записывается следующим образом:

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

где F_{12} — сила, с которой заряд 1 действует на заряд 2; q_1, q_2 — величина зарядов; r_{12} — радиус-вектор (вектор, направленный от заряда 1 к заряду 2, и равный, по модулю, расстоянию между зарядами — r_{12}); k — коэффициент пропорциональности. Таким образом, закон указывает, что одноименные заряды отталкиваются (а разноименные — притягиваются).



Прибор, служащий «для измерения мельчайших степеней силы»



Закон Кулона является первым открытым количественным, сформулированным на математическом языке законом для электромагнитных явлений. С открытия закона Кулона началась современная наука об электромагнетизме. Его работы в дальнейшем повлияли на научную деятельность таких ученых, как Максвелл, Эйнштейн.



Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции полей



Как упоминалось в предыдущем разделе, вокруг всякого заряженного тела существует электрическое поле, которое является носителем взаимодействия зарядов. Если поле создано неподвижными зарядами, то оно называется электростатическим. Чтобы сравнить поля, создаваемые разными зарядами, введем характеристику, называемую напряженностью E . Напряженность определяет степень взаимодействия зарядов и поэтому ее можно назвать силовой характеристикой поля.

Исследовать поля, создаваемые разными зарядами, можно с помощью пробных (единичных) зарядов.





Напряженностью электрического поля в данной точке пространства называется величина, равная отношению силы F , действующей на единичный положительный заряд q , помещенный в данную точку, к величине этого заряда.

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

\vec{E} – напряженность электрического поля
 \vec{F} – сила, с которой поле действует на пробный положительный заряд
 q – величина этого заряда



Рассмотрим напряженность электрического поля, создаваемого точечным зарядом в некоторой произвольной точке пространства (в вакууме). Тогда согласно определению напряженности электрического поля получим:

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

ϵ_0 - величина точечного заряда, создающего поле

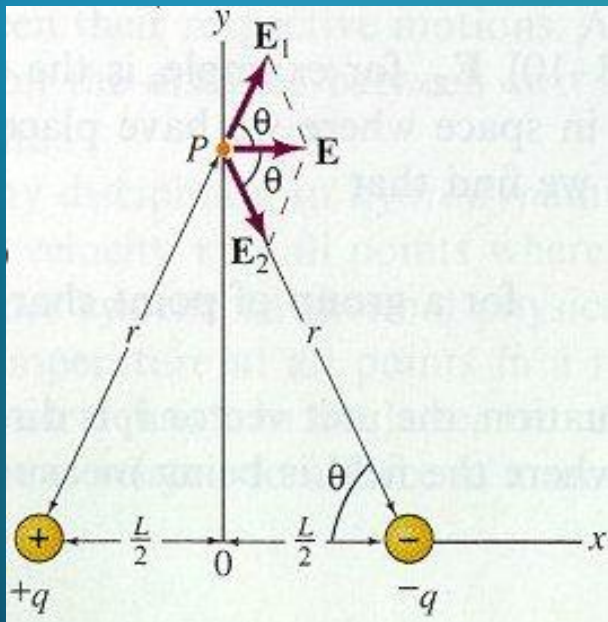
q - величина пробного заряда

r - расстояние от точечного заряда до данной точки пространства.

Принцип суперпозиции



Поскольку сила и напряженность поля - есть пропорциональные величины $F = q \cdot E$, то для напряженности электрических полей справедлив принцип суперпозиции, т.е. напряженность поля системы n зарядов равна векторной сумме напряженностей полей, создаваемых каждым из зарядов системы в рассматриваемой точке.



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

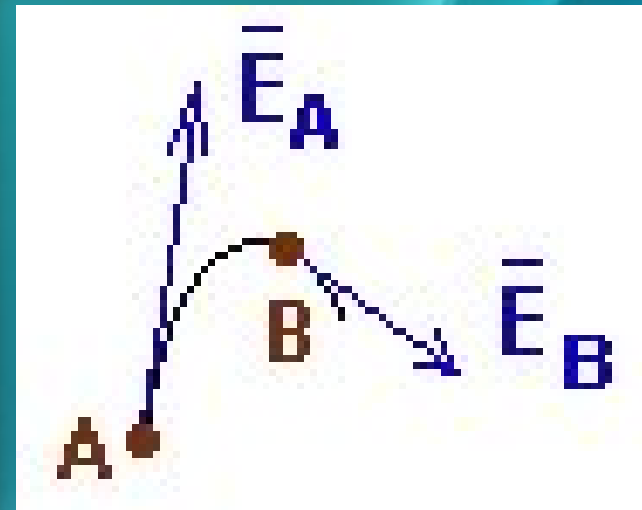
\vec{E} – вектор напряженности результирующего электрического поля
 $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots, \vec{E}_n$ – векторы напряженностей всех электрических полей

Графическое изображение электростатических полей



Фарадей предложил изображать поле линиями, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением вектора напряженности электростатического поля в этой точке. Такие линии получили название линий напряженности или силовых линий.

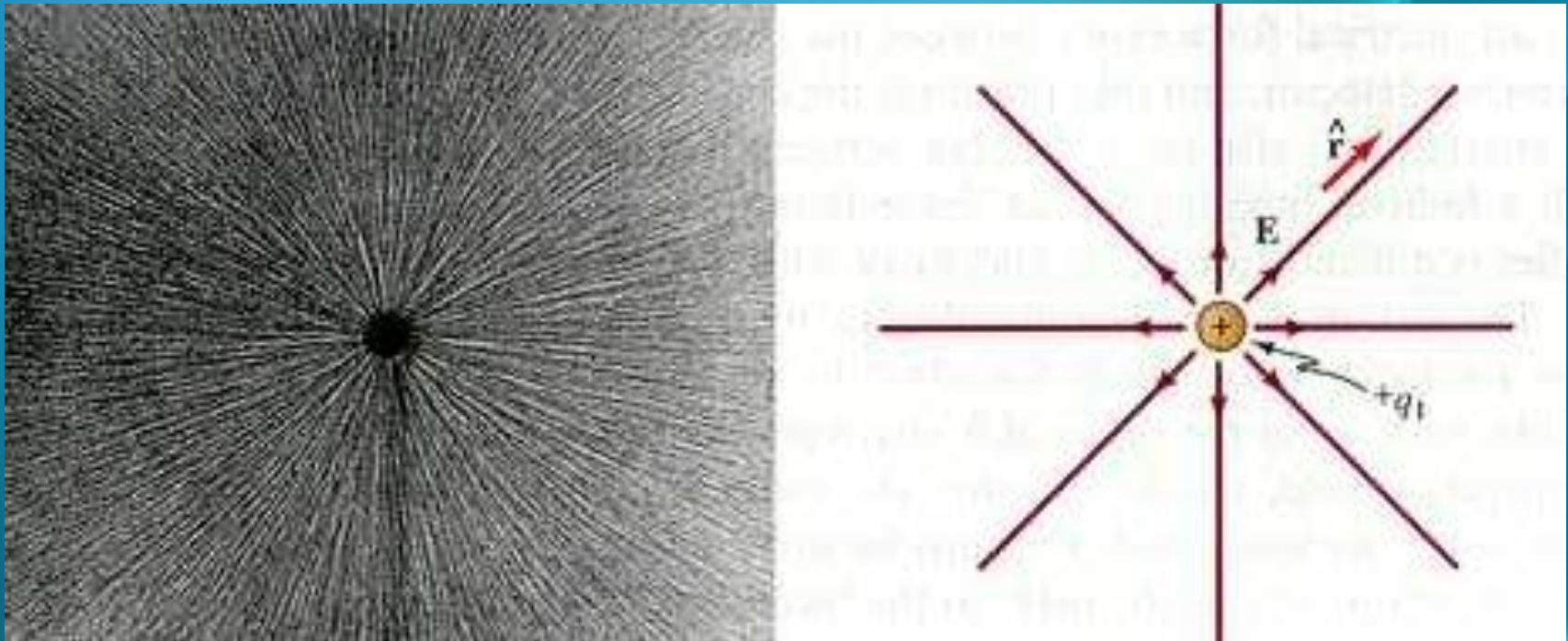
Линии напряженности начинаются у положительных зарядов (или в бесконечности) и оканчиваются у отрицательных зарядов. По густоте силовых линий можно судить о величине напряженности.



Примеры полей



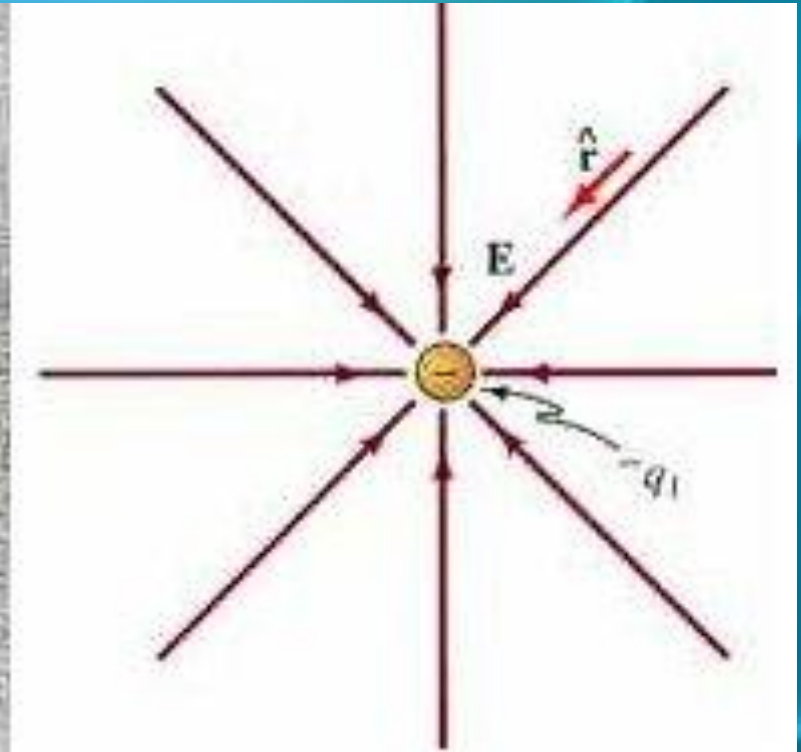
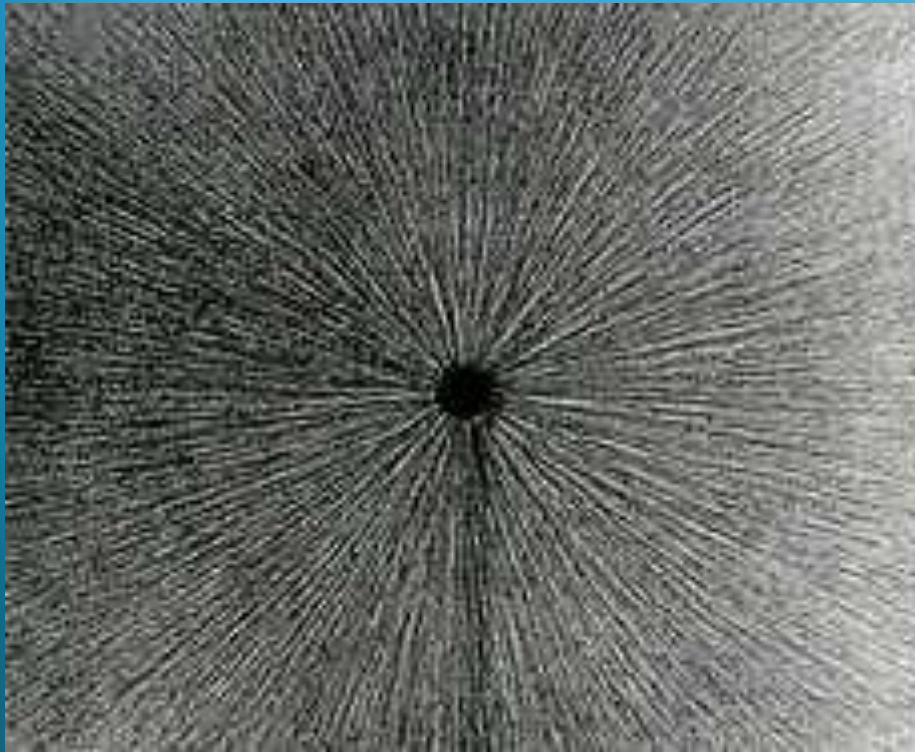
Поле положительного точечного заряда.



Примеры полей



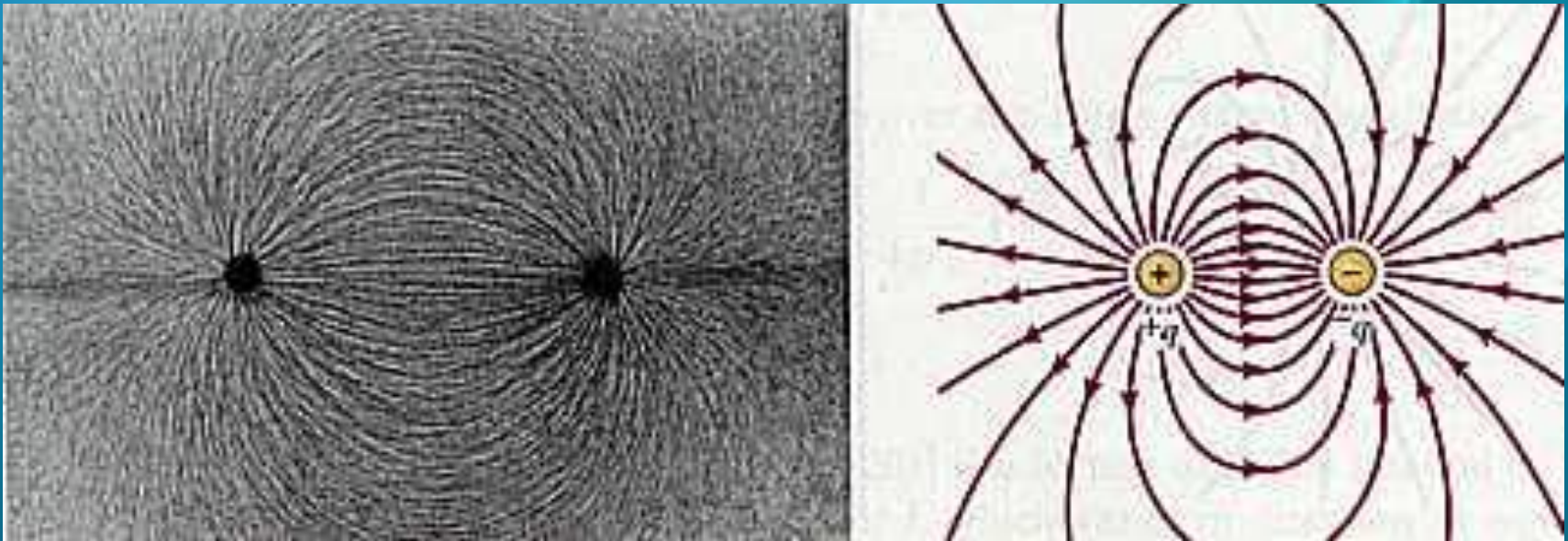
Поле отрицательного точечного заряда.



Примеры полей



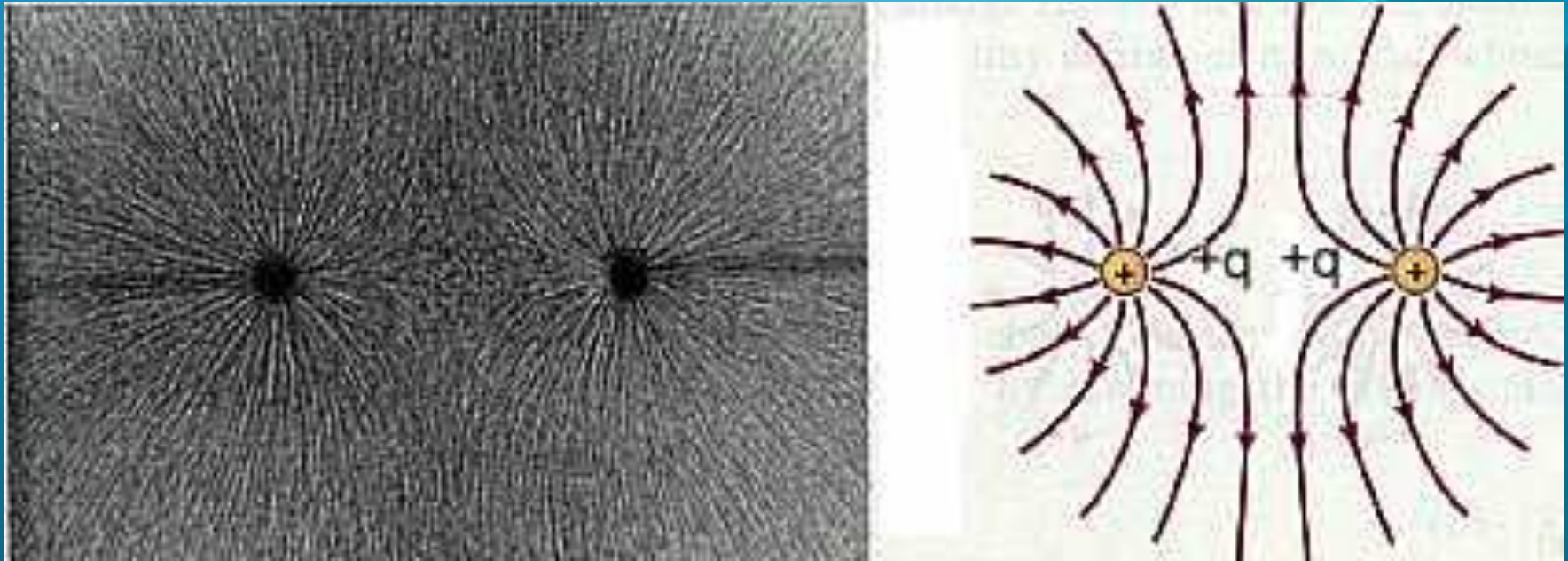
Поле двух точечных разноименных зарядов.



Примеры полей



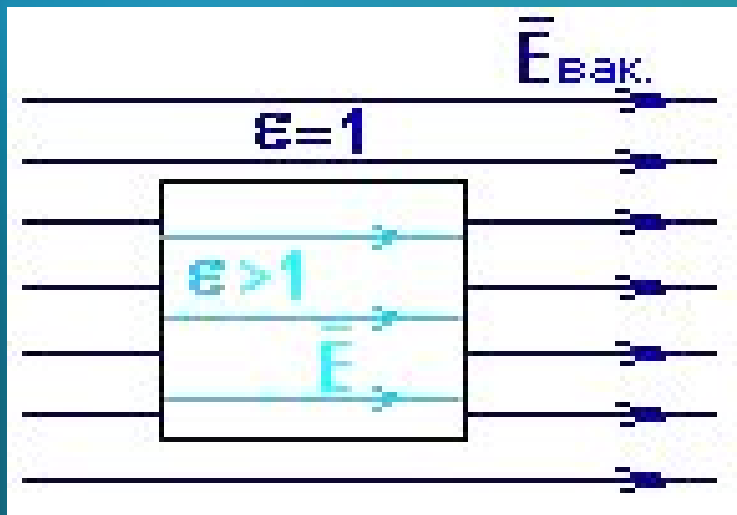
Поле двух точечных одноименных зарядов.



Линии напряженности электрического поля



Линии напряженности электростатических полей не замкнуты. Отметим, что напряженность поля в диэлектрике меньше, чем в вакууме из-за явления поляризации и, следовательно, густота силовых линий в диэлектрике меньше. Отношение напряженности поля в вакууме к напряженности в данной среде называют диэлектрической проницаемостью вещества.



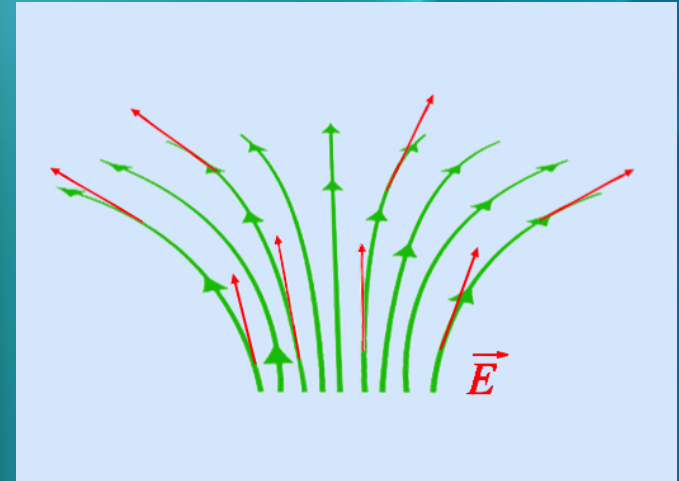
$$\epsilon = \frac{\vec{E}_{\text{вак.}}}{\vec{E}}$$

Линии напряженности электрического поля



Свойства силовых линий электростатического поля:

1. Начинаются на положительных и заканчиваются на отрицательных зарядах.
2. Не пересекаются.
3. Густота линий тем больше, чем больше напряженность, т.е. напряженность поля прямо пропорциональна количеству силовых линий, проходящих через единицу площади поверхности.



Потенциальная энергия заряженного тела в однородном электростатическом поле



Потенциал – физическая величина, показывающая какой энергией обладает единичный положительный заряд, помещенный в данную точку поля.

 – потенциал («фи»)

 – $\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}}$

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

φ – потенциал поля в данной точке
 W_p – энергия заряда в данной точке
 q – величина заряда

Т.к. потенциальная энергия зависит от выбора системы координат, то и потенциал определяется с точностью до постоянной. За точку отсчета потенциала выбирают в зависимости от задачи:

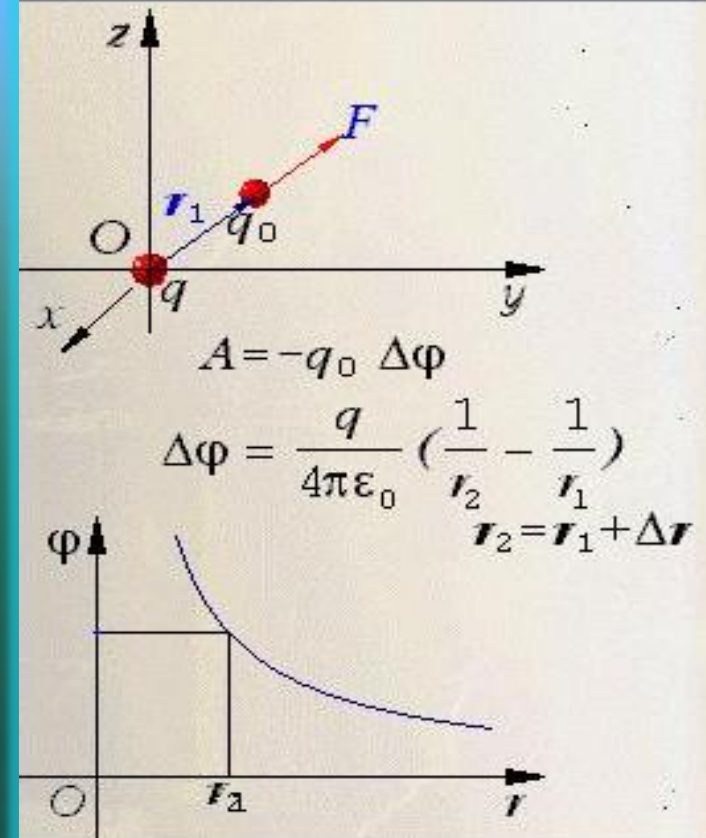
- а) потенциал Земли,
- б) потенциал бесконечно удаленной точки поля,
- в) потенциал отрицательной пластины конденсатора.

Потенциальное поле



Работа электрического поля по перемещению заряда не зависит от формы траектории, работа по замкнутому контуру равна 0, такое поле называется потенциальным

Работа по перемещению заряда

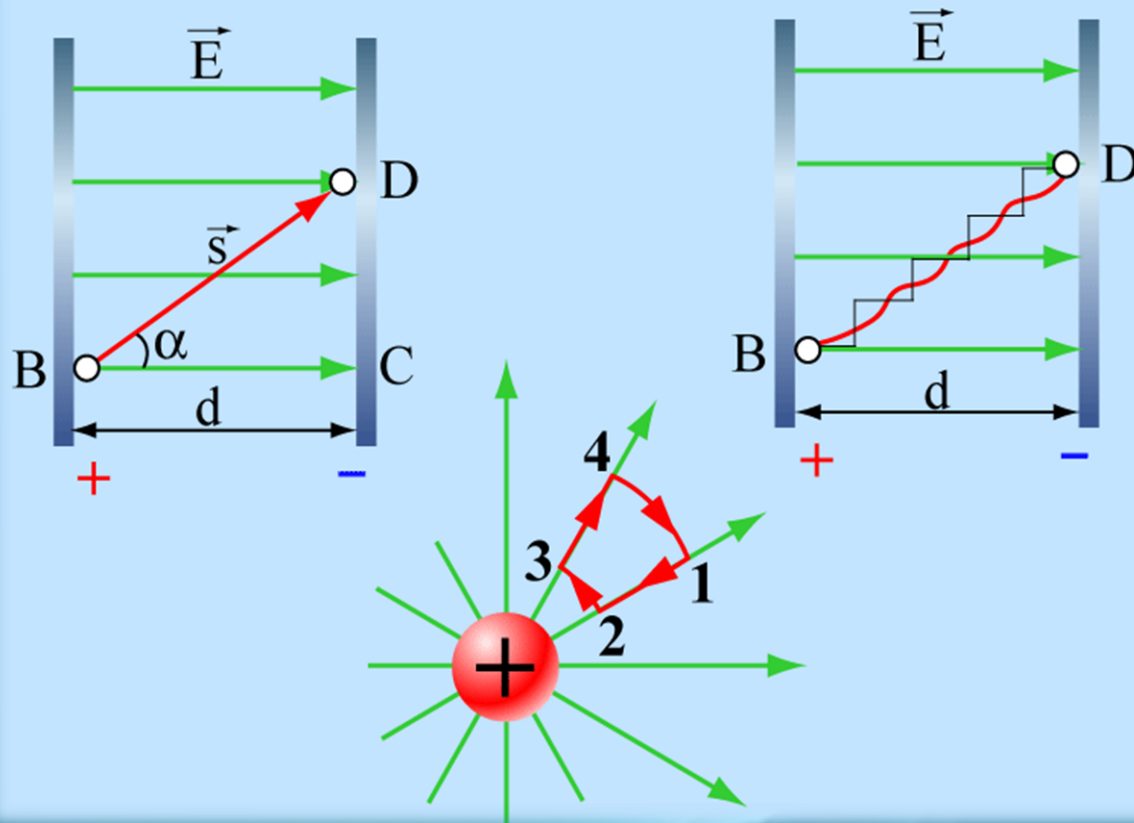


$$A = qE\Delta d = qE(d_1 - d_2) = -(qEd_2 - qEd_1)$$

Работа сил электростатического поля



В однородном электростатическом поле вектор напряженности одинаков в каждой точке поля. Следовательно, сила Кулона, действующая на заряд в таком поле также постоянна и равна. Работа силы Кулона по определению равна:



Работа сил электростатического поля



Величина потенциальной энергии зависит от выбора начальной точки отсчета потенциальной энергии.

Тогда работа при перемещении заряда между двумя точками в электростатическом поле:

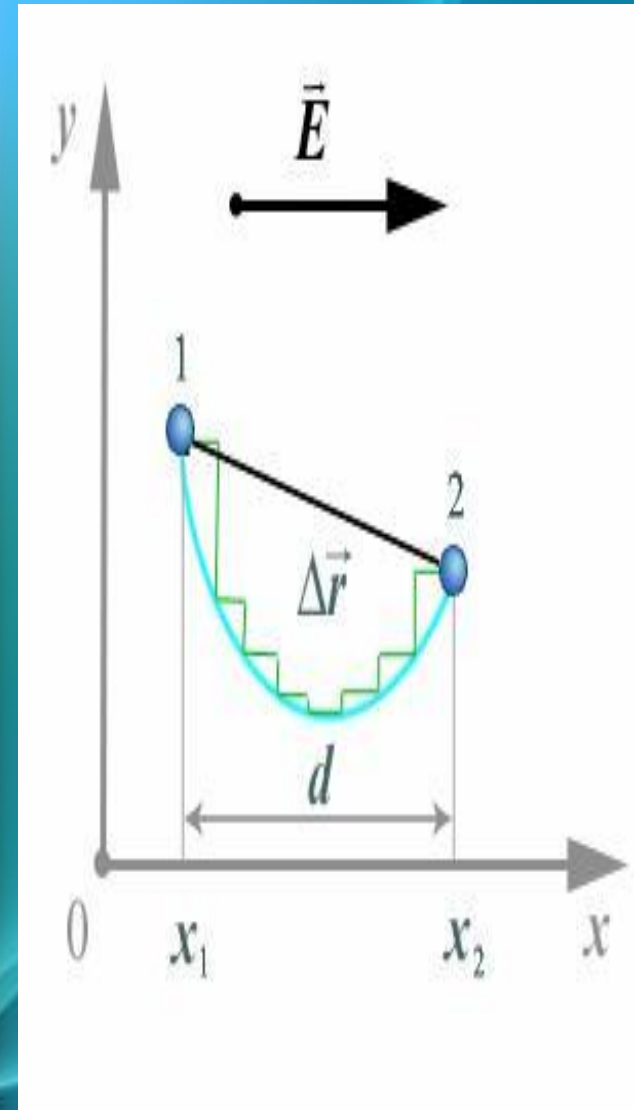
- не зависит от формы траектории, а зависит от положения этих точек;
- при перемещении заряда по замкнутой траектории равна нулю;
- равна убыли потенциальной энергии заряда в этом поле.

Работа сил электростатического поля



Так как электростатическое поле является материальным объектом, который характеризуется силами, действующими на пробный заряд, помещенный в это поле, то можно рассчитать работу силы, действующей на пробный заряд, при его перемещении из точки А в точку В поля.

Можно доказать, что работа сил произвольного электростатического поля по перемещению пробного заряда не зависит от формы траектории движения заряда, а при перемещении по любой замкнутой траектории работа поля равна 0. Такие силы и такие поля называются потенциальными.



Разность потенциалов



Разность потенциалов - скалярная величина, равная отношению работы электрического поля по перемещению положительного заряда из одной точки поля в другую точку к величине этого заряда.

В СИ разность потенциалов измеряется в вольтах.

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$$

- $\varphi_1 - \varphi_2$ – разность потенциалов электростатического поля
- A – работа электрического поля по перемещению заряда из точки 1 в 2
- q – величина заряда

Разность потенциалов



Между напряженностью поля и разностью потенциалов существует следующая зависимость:

$$E = \frac{U}{d}$$

E – модуль напряженности однородного электрического поля

U – разность потенциалов между двумя точками, лежащими на силовой линии

d – расстояние между этими двумя точками

Разность потенциалов

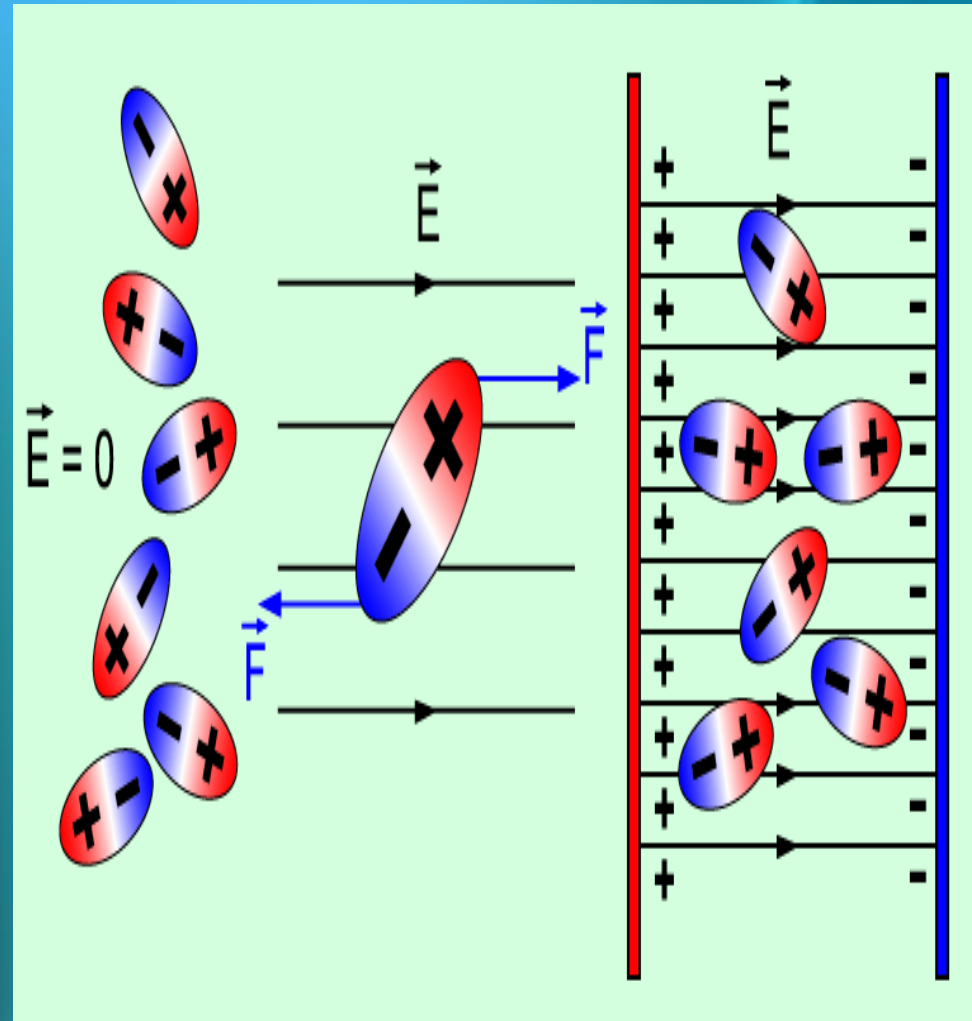


Поверхности равного потенциала называются эквипотенциальными поверхностями.

Свойства эквипотенциальных поверхностей:

- работа при перемещении заряда вдоль эквипотенциальной поверхности не совершается;

- вектор напряженности перпендикулярен к эквипотенциальной поверхности в каждой ее точке.



Спасибо за

ВНИМАНИЕ !

