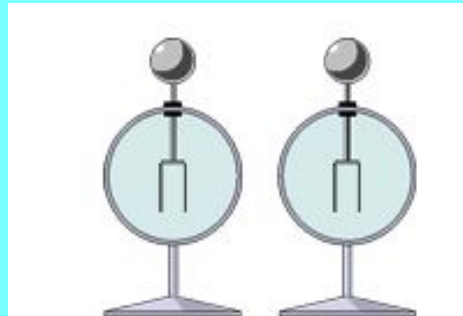


# Тема 2

**Понятие электрического заряда и его свойства. Закон Кулона.  
Электрическое поле и его характеристики.**



# ОГЛАВЛЕНИЕ

- 2.1. Понятие электрического заряда и его свойства.
- 2.2. Закон Кулона.
- 2.3. Электрическое поле и его характеристики.

## 2.1. Понятие электрического заряда и его свойства

Во многих науках существуют базовые понятия, которым нельзя дать определения, но можно описать их свойства. В геометрии таким понятием является точка, в электродинамике - заряд.

**Электрический заряд**, источник электромагнитного поля, связанный с материальным носителем; внутренняя характеристика элементарной частицы, определяющая ее электромагнитное взаимодействие. Вся совокупность электрических и магнитных явлений есть проявление существования, движения и взаимодействия электрического заряда.

Рассмотрим ряд опытов, иллюстрирующих основные свойства заряженных тел.

## Опыт 2.1. С гильзами

### Цель:

Изучить действие одноименных и разноименных зарядов.

### Оборудование:

1. Станиолевые гильзы на нитях.
2. Два штатива.
3. Стеклоанная и эбонитовая палочки.
4. Шелк, шерсть.

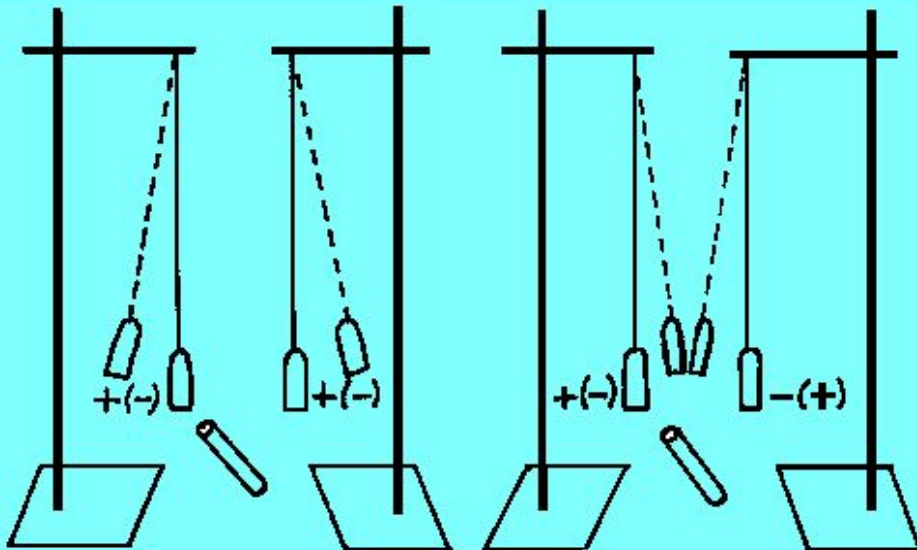


Рис.2.1. Установка с гильзами

### Ход работы:

1. Подвесьте на стойках на небольшом расстоянии друг от друга две гильзы.
2. Отрегулируйте длину нити – гильзы должны висеть на одном уровне.
3. Зарядите одну из них. Другую начинайте приближать. В первый момент они притянутся друг к другу, прикоснутся и резко разлетятся в разные стороны. Продолжайте сближать до полного их соприкосновения, однако гильзы останутся разведенными, под углом друг к другу. Еще раз убеждаемся: одинаково заряженные тела отталкиваются.
  
4. Между гильзами поместите палочку, имеющую тот же знак заряда, – гильзы разойдутся на больший угол. Перемещайте палочку – и гильзы будут ее «сопровождать». В этом опыте мы имеем три одинаково заряженных тела, отталкивающихся друг от друга.

**Выводы:** одноименные заряды отталкиваются, а разноименные – притягиваются.

## Опыт 2.2. С деревянной линейкой

### Цель:

Изучить действие одноименных и разноименных зарядов.

### Оборудование:

1. Штатив изолирующий с легко вращающейся насадкой.
2. Стекло́нная и эбонитовая палочки.
3. Шелк, шерсть.
4. Деревянная линейка.

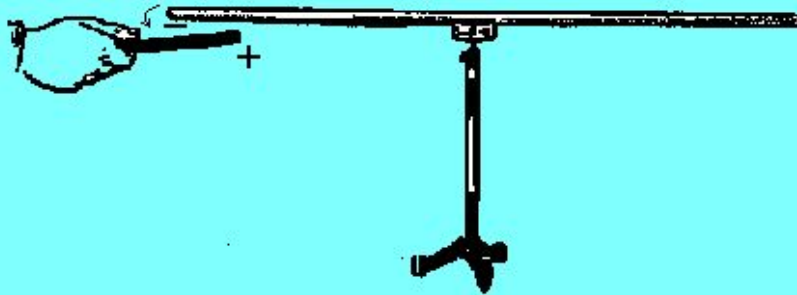


Рис.2.2. Установка с деревянной линейкой.

### Ход работы:

1. Поднесите наэлектризованную палочку к деревянной линейке-«карусели».
2. Линейка поляризуется и начнет притягиваться к палочке. С помощью заряженной палочки вы можете заставить линейку вращаться.

Выводы: наблюдается электризация через влияние (на расстоянии). Положительные и отрицательные заряды внутри линейки перераспределяются и она ведет себя как заряженное тело, хотя количество зарядов того и другого знака в ней одинаково. Таким образом, можно сказать, какое-либо тело имеет электрический заряд либо при нарушении баланса между положительно и отрицательно заряженными частицами в нем, либо при их неравномерном распределении по объему тела.

## Свойства заряда

Биполярность. Существует два рода зарядов, условно называемых положительными "+" и отрицательными "-". Причем одноименные заряды отталкиваются, а разноименные – притягиваются.

Дискретность (дробление или прерывистость). Заряд любого тела является кратным некоторой величине, а именно элементарному заряду электрона  $e=1.6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Данное представление о заряде просуществовало до шестидесятых годов, когда появилась теория кварков - частиц с дробными зарядами  $1/3e$  и  $2/3e$ .

$$\begin{cases} q_1 = N_1 \cdot e \\ q_2 = N_2 \cdot e \end{cases} \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{N_1 \cdot e}{N_2 \cdot e} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.1)$$

Закон сохранения заряда. Алгебраическая сумма зарядов в изолированной (изолированная система включает все взаимодействующие тела) системе есть величина постоянная.

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i = q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const.} \quad (2.2)$$



## 2.2. Закон Кулона

Точечным зарядом называется такое заряженное тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь. Это аналогично понятию материальной точки в механике.

Взаимодействие точечных зарядов на опыте изучал Кулон. Для этого он использовал крутильные весы.



Рис.2.3. установка для изучения точечных зарядов

### Опыт проходил в два этапа:

1. Изменяли заряды шариков, но расстояние между ними оставляли прежним ( $r = \text{const}$ ). В ходе опыта было установлено, что сила взаимодействия зарядов прямо пропорциональна величинам зарядов

$$F \sim q_1, q_2$$

2. Заряды шариков оставляли неизменными  $q_1, q_2 = \text{const}$ , но изменяли расстояние между ними. В ходе опыта было установлено, что сила взаимодействия между зарядами обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

Обобщая результаты опыта, Кулон сформулировал свой закон: *сила взаимодействия двух точечных зарядов в вакууме прямо пропорциональна величинам этих зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.*

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (2.3)$$

## Запись закона Кулона в векторной форме

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{r} \quad (2.4)$$

$$\frac{\vec{r}}{|\vec{r}|} = \vec{e}$$

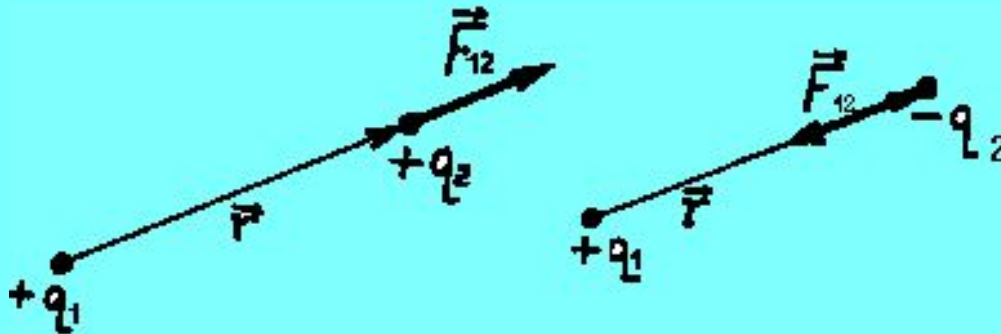


Рис.2.4. Закон Кулона в векторной форме

## 2.3. Электрическое поле и его характеристики

*Электрическим полем называется особая форма существования материи, способная передавать электрическое взаимодействие.*

### **Свойства поля:**

1. Поле не имеет границ, оно бесконечно.
2. Электрическое взаимодействие передается с конечной скоростью (в вакууме со скоростью света  $c$ ).
3. Поле обладает энергией.
4. Поле обладает массой.

## Напряженность поля

Основной силовой характеристикой поля в вакууме является напряженность.

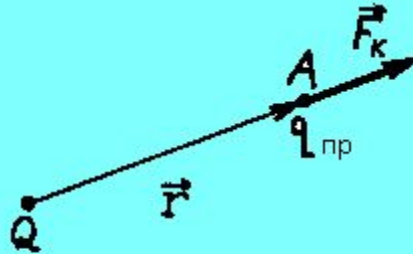


Рис.2.5

$$\begin{cases} q_1, q_2, \dots, q_n \\ F_1, F_2, \dots, F_n \end{cases}$$

$$F_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q q_i}{r^2}$$

$$\frac{F_1}{q_1}, \frac{F_2}{q_2}, \dots, \frac{F_n}{q_n}$$

$$\frac{F_i}{q_i} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

Напряженность поля, создаваемого зарядом  $Q$  в точке  $A$  зависит от заряда  $Q$  и от расстояния  $r$ .

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{эл}}{q} \quad (2.5)$$

*Напряженность — это физическая величина, численно равная силе, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в данную точку поля.*

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{эл}}{q} \Rightarrow \vec{F}_{эл} = q\vec{E}.$$

Напряженность поля точечного заряда в скалярной и векторной форме определяется по формулам:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}, \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^3} \vec{r} \quad (2.6)$$

## Принцип суперпозиции полей

Каждый из зарядов в отдельности создаст в данной точке поле независимо от полей создаваемых другими зарядами.

Суперпозиция означает наложение.

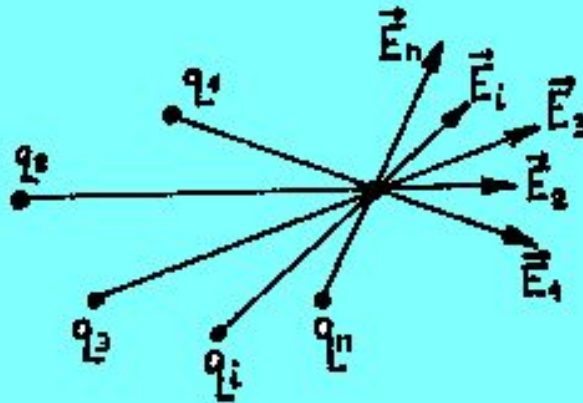


Рис.2.6.Принцип суперпозиции

$$\vec{E}_{PE3} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n \quad (2.7)$$

## Силовые линии

Для символического изображения напряженности Фарадей предложил использовать силовые линии.

Силовые линии — это линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением силы, действующей на положительный заряд, помещенный в эту точку. Они начинаются на положительных и заканчиваются на отрицательных зарядах. Если рассмотреть некоторый уединенный точечный заряд, то линии напряженности обязательно закончатся на отрицательном заряде, который, возможно, на чертеже и не уместится. Чем больше величина напряженности электростатического поля, тем выше густота силовых линий. Количество линий напряженности (или силовых линий), пронизывающих единичную площадку, численно равно значению напряженности электростатического поля.



## Опыт 2.3. Силовые линии электрического поля

Цель:

Демонстрация электрических силовых линий.

Оборудование:

1. Султаны на изолирующих штативах
2. Электрофорная машина
3. Провода соединительные

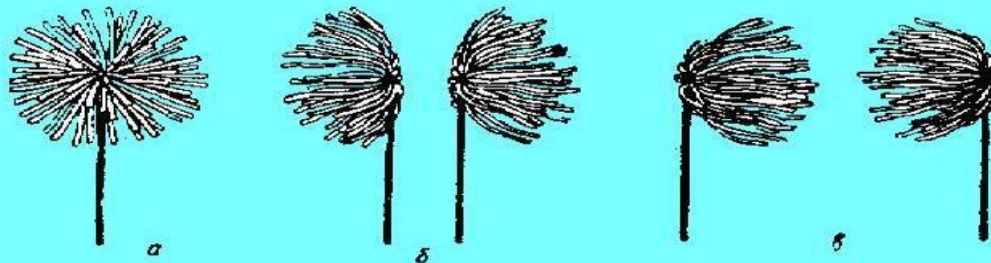


Рис.2.7.Опыт с султанчиками

## Ход работы:

Простейшая демонстрация электрических силовых линий выполняется при помощи султанов, которые устанавливаются на изолирующих штативах и заряжаются хорошо наэлектризованной палочкой или от электрофорной машины. Сначала показывают опыт с одним заряженным султаном и обращают внимание на радиальное положение бумажных полосок и показывают искривление при отталкивании и притяжении и разноименными зарядами

Затем заряжают оба султана одноименными и показывают искривление при отталкивании и притяжении и разноименными зарядами

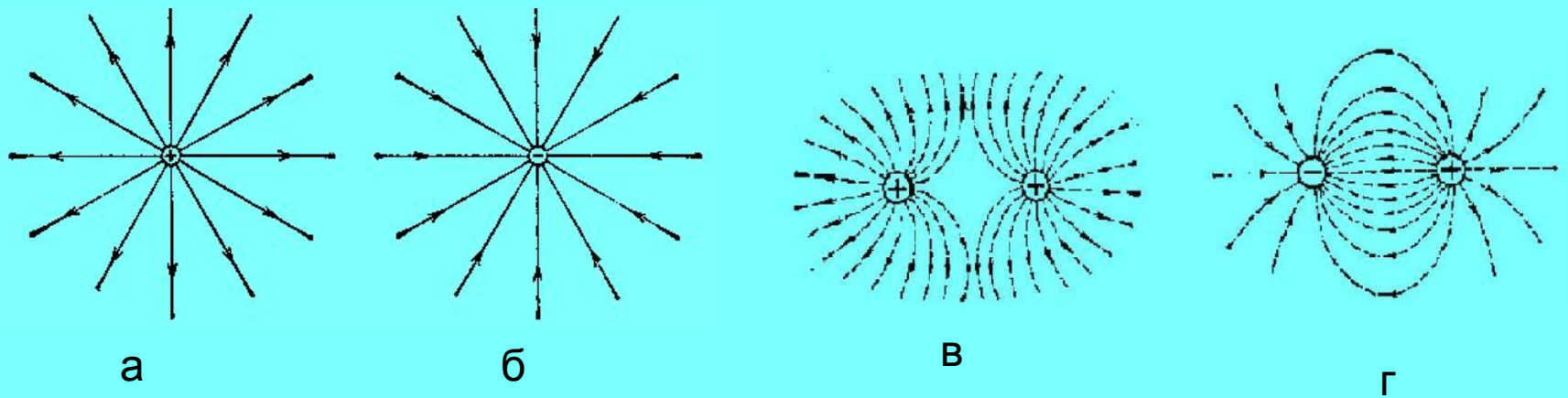


Рис.2.8.

**Вывод:**

На рисунке изображены силовые линии электрических полей простейших случаях:

- а, б) уединенный точечный заряд (“+”-силовые линии направлены из центра в бесконечность; “-” – силовые линии направлены из бесконечности в центр);
- в) два одноименных точечных заряда (силовые линии деформируются);
- г) два разноименных точечных заряда (силовые линии замыкаются, образуя окружность).