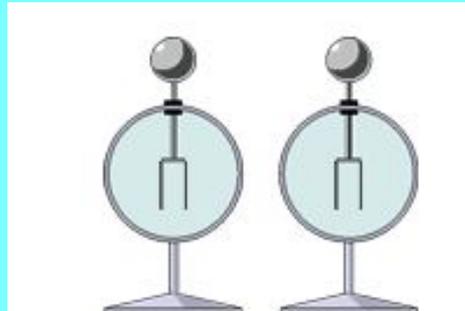


Тема 2

**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.

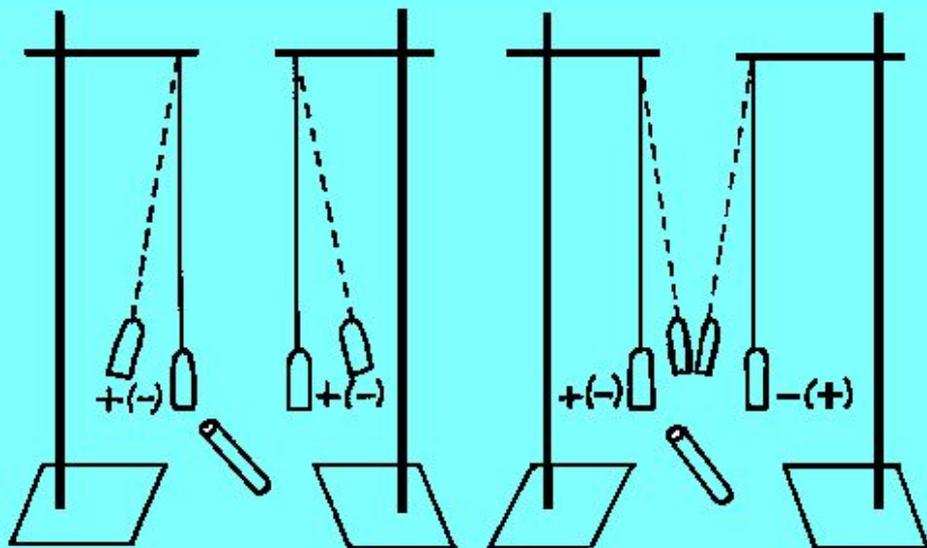


Рис.2.1. Установка с гильзами

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.

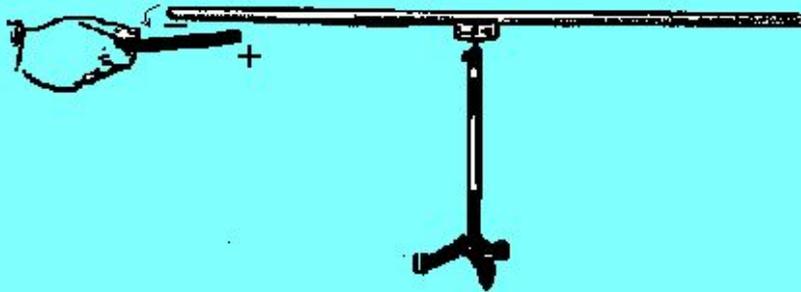


Рис.2.2.Установка с деревянной линейкой.

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

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

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

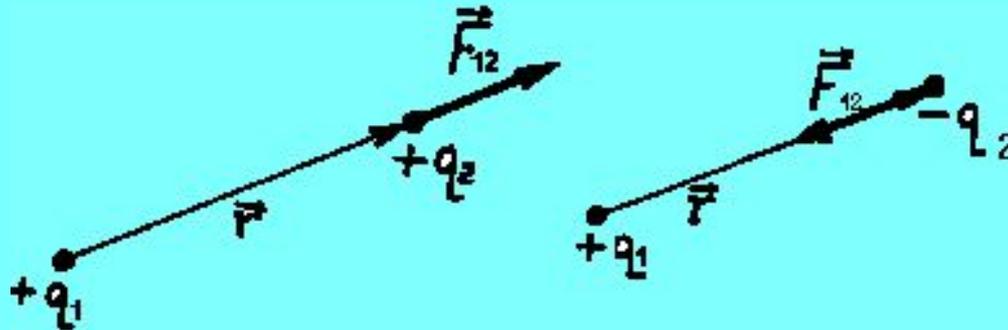


Рис.2.4. Закон Кулона в векторной форме

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.

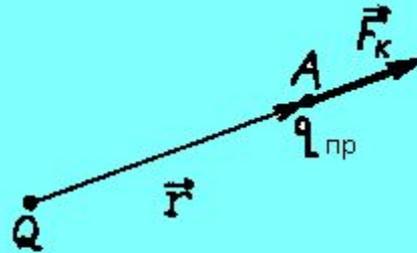


Рис.2.5

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

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

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

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

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 единственный 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.

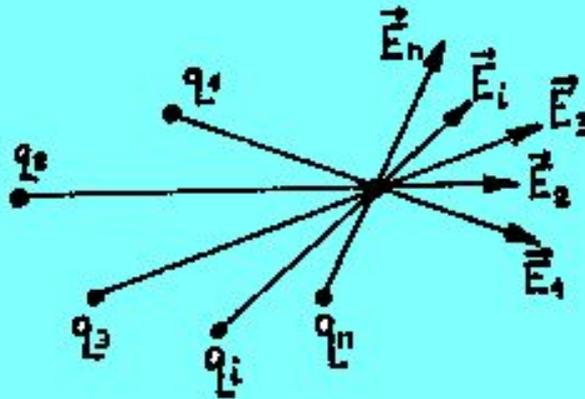


Рис.2.6. Принцип суперпозиции

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

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

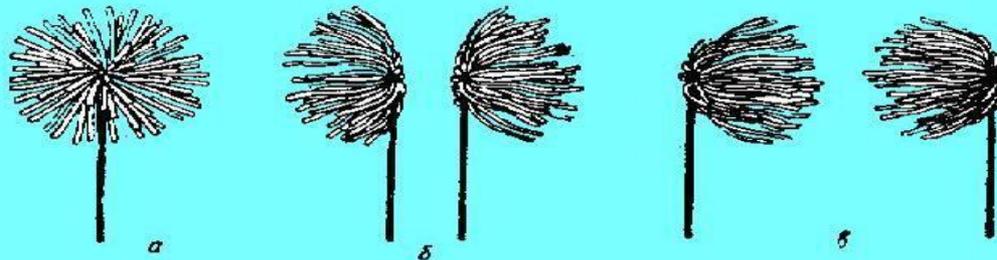


Рис.2.7.Опыт с султанчиками

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

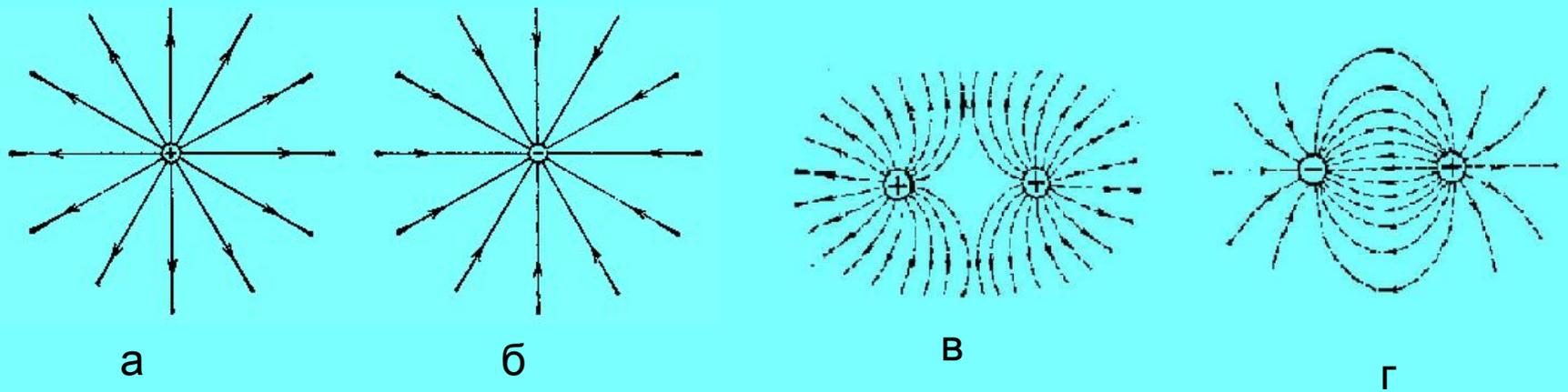


Рис.2.8.

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).