

Взаимодействие заряженных тел. Решение задач. закон Кулона

$$|\vec{F}| = k \frac{|q_1| |q_2|}{\epsilon r^2}$$

- | | |
|--|--|
| $ \vec{F} $ | – модуль силы взаимодействия двух точечных неподвижных зарядов |
| $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$ | – коэффициент пропорциональности |
| $ q_1 , q_2 $ | – абсолютные значения зарядов |
| ϵ | – диэлектрическая проницаемость среды |
| r | – расстояние между зарядами |

- **Электродинамика** – это наука о свойствах и закономерностях особого вида материи – электромагнитного поля, которое осуществляет взаимодействие между электрическими заряженными телами или частицами.

Электростатика – раздел электродинамики, изучающий покоящиеся электрически заряженные тела. Существует два вида электрических зарядов: положительные (стекло о шелк) и отрицательные (эбонит о шерсть).

положительный заряд, образуется на
стеклянной палочке, если натирать ее
бумагой или шелком



отрицательный заряд– на эбонитовой или янтарной палочке, если натирать ее мехом



Электризация — разделение электрических зарядов.

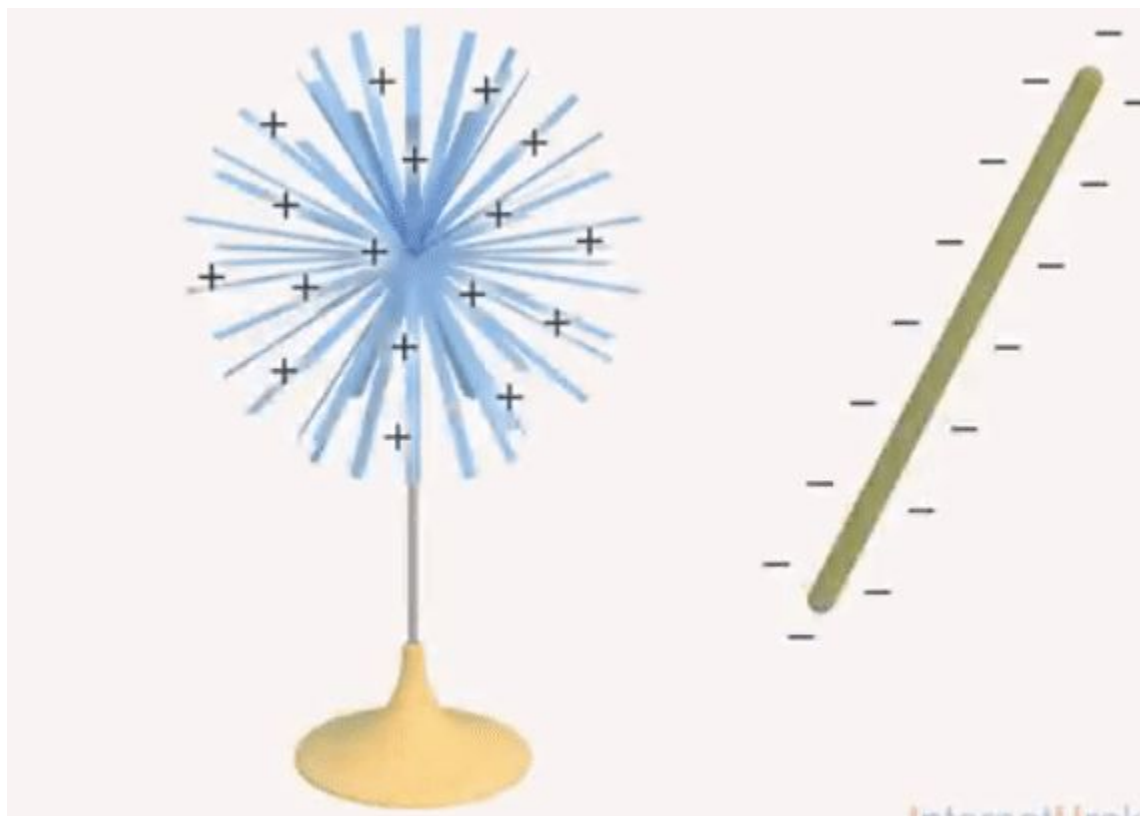
Электризация может производиться несколькими способами:

- трением;
- прикосновением;
- ударом;
- наведением (через влияние);
- облучением;
- химическим взаимодействием.

Электризация трением и электризация соприкосновением



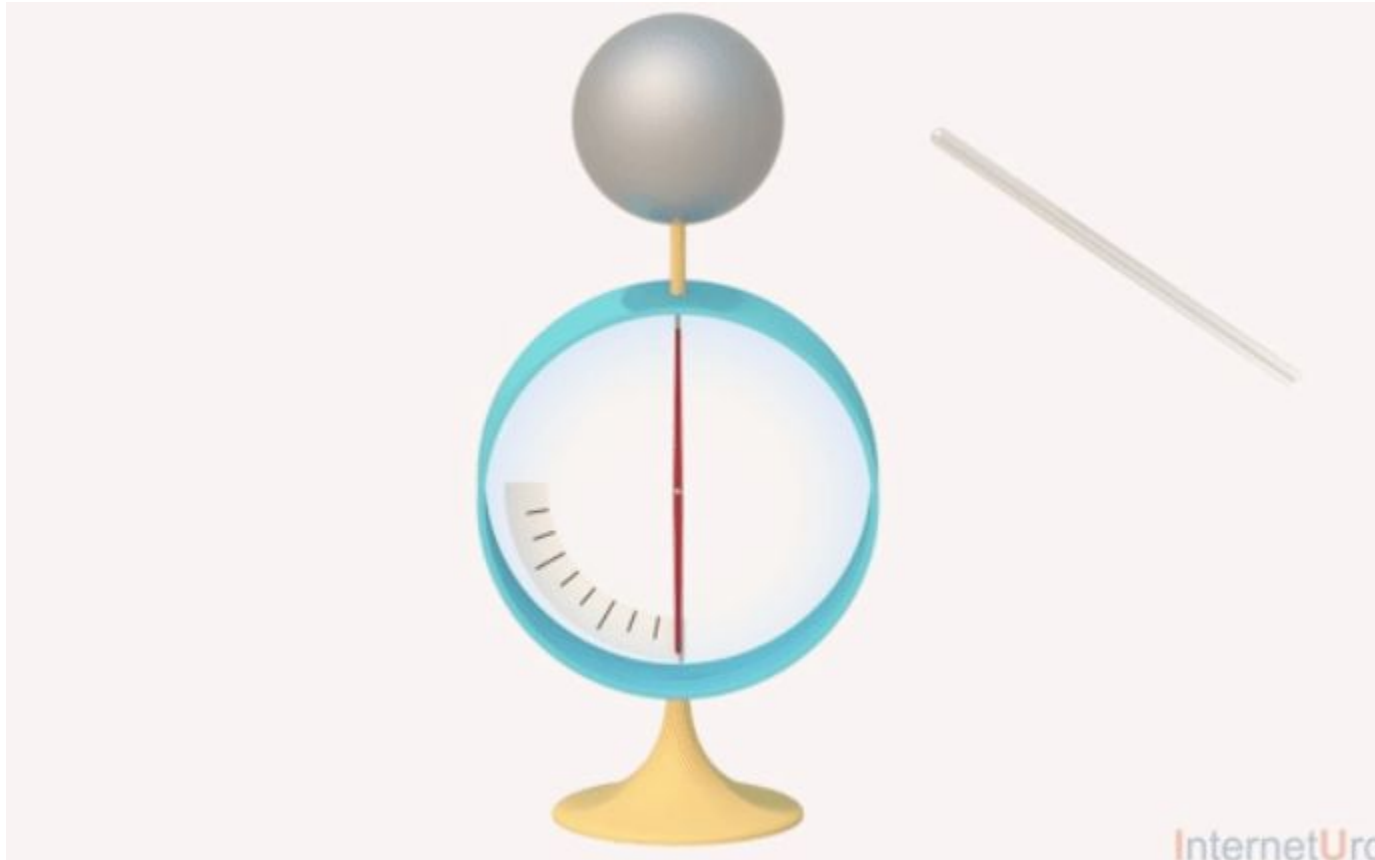
В результате трения о мех эбонит приобретает отрицательный заряд. Поднося эту палочку к бумажному султану, видим, как лепестки притягиваются к ней



Электризация через влияние (наведение)



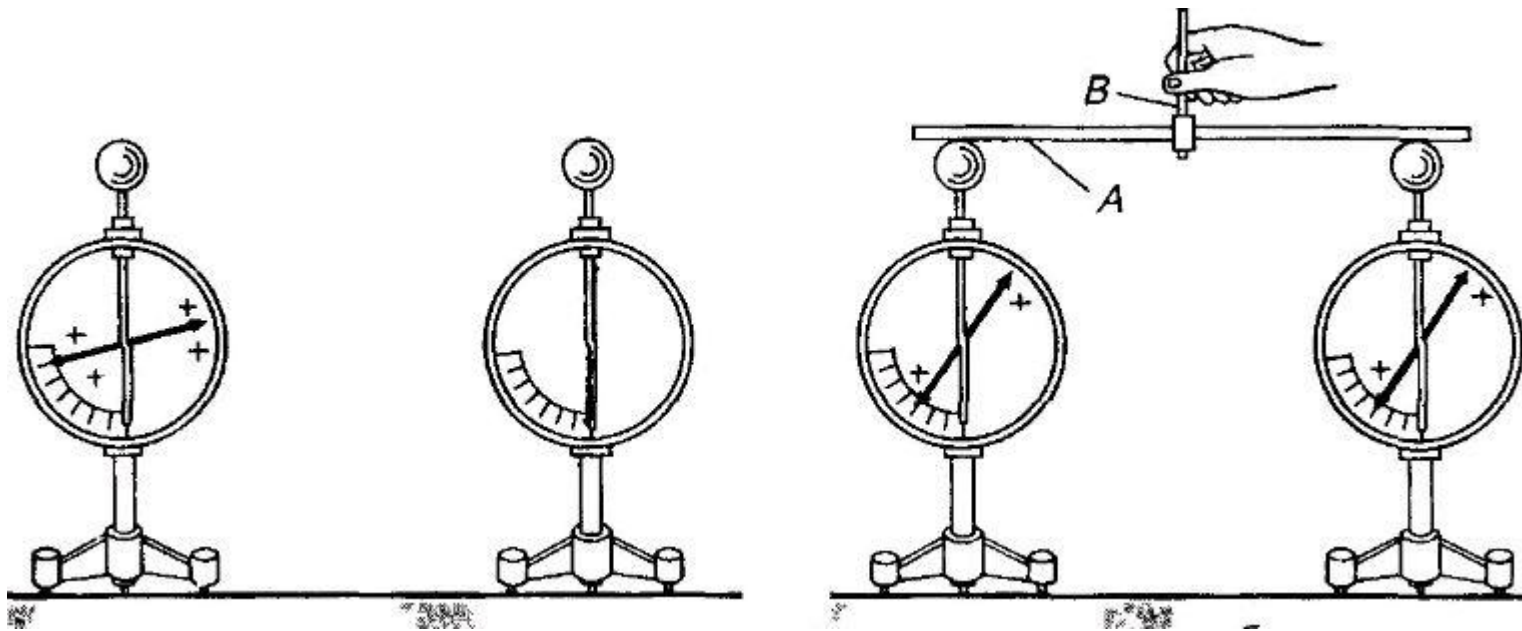
Электромметр



ОПЫТ ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЗАРЯДА

$$q' = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const}$$



В замкнутой системе алгебраическая сумма электрических зарядов остается постоянной. Замкнутой системой называется система тел, из которой заряды не уходят и в которую заряженные тела или заряженные частицы не поступают.

Основной закон электростатики был экспериментально установлен французским учёным Ш. Кулоном в 1785 году



- КУЛОН (Coulomb) Шарль Огюстен (1736-1806), французский инженер и физик, один из основателей электростатики. Исследовал деформацию кручения нитей, установил ее законы. Изобрел (1784) крутильные весы и открыл (1785) закон, названный его именем. Установил законы сухого трения. Его экспериментальные исследования имели основополагающее значение для формирования учения об электричестве и магнетизме, член Парижской академии наук.

Точечные заряды

- Закон Кулона количественно описывает взаимодействие заряженных тел.
- Он является фундаментальным законом, то есть установлен при помощи эксперимента и не следует ни из какого другого закона природы.
- Он сформулирован для неподвижных точечных зарядов в вакууме.
- В реальности точечных зарядов не существует, но такими можно считать заряды, размеры которых значительно меньше расстояния между ними.

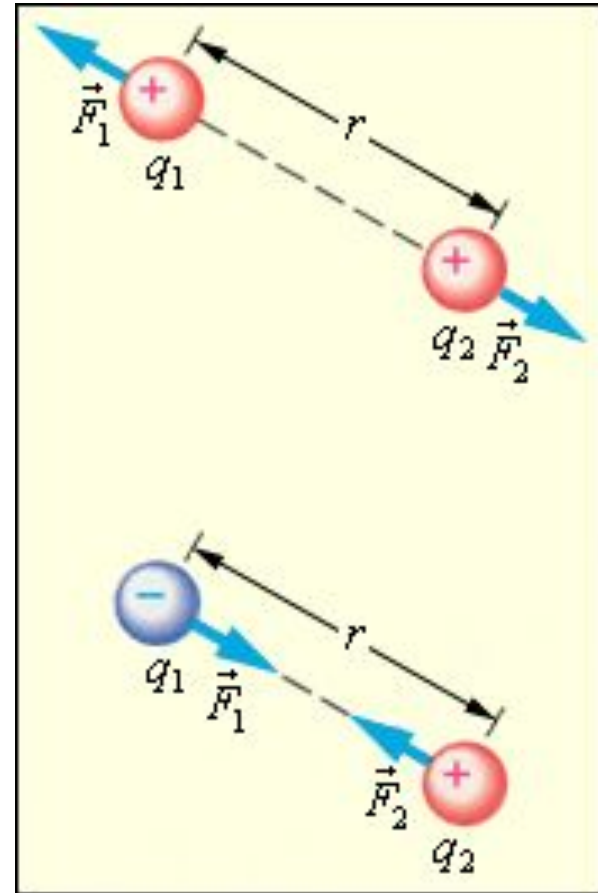
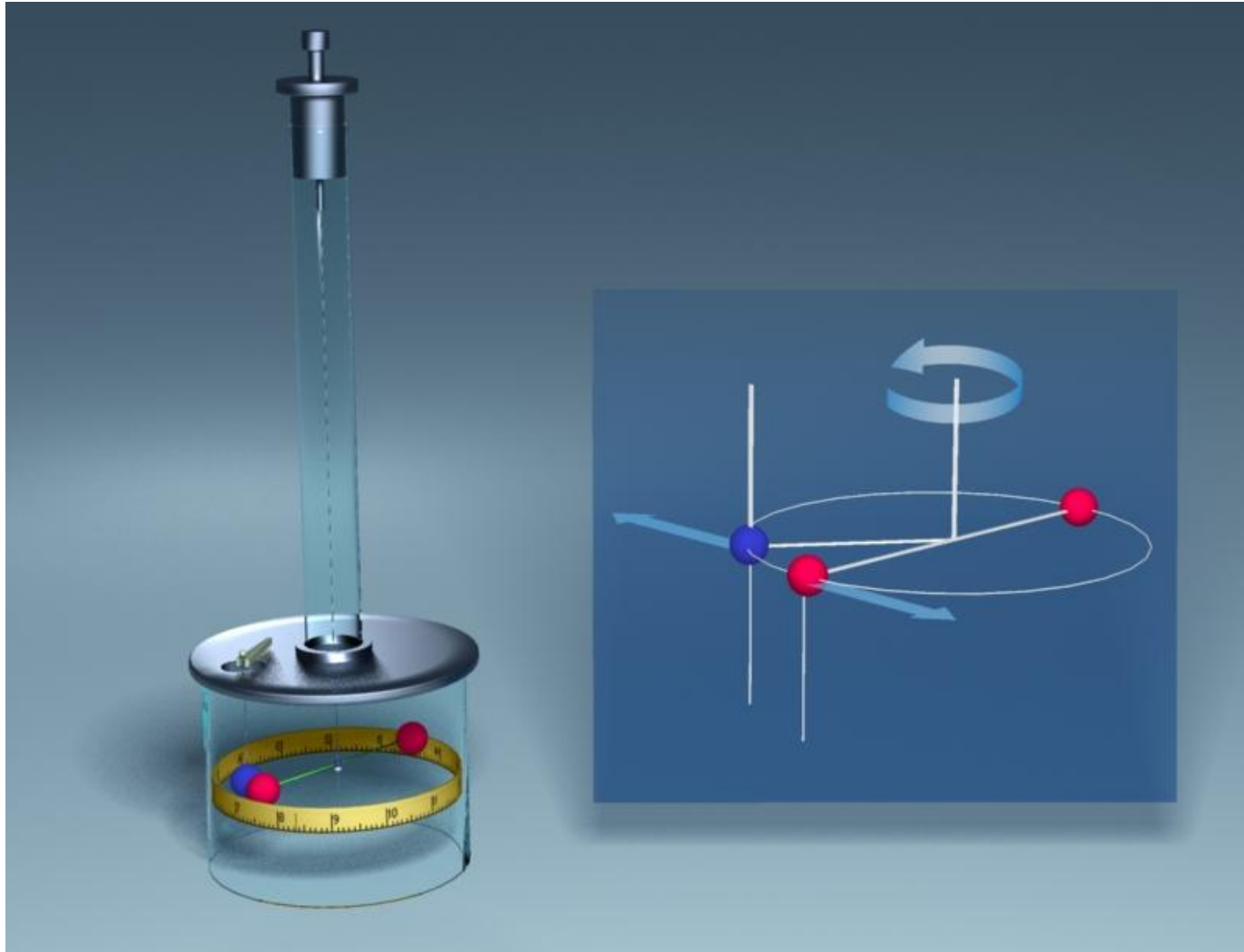


Схема опыта Кулона

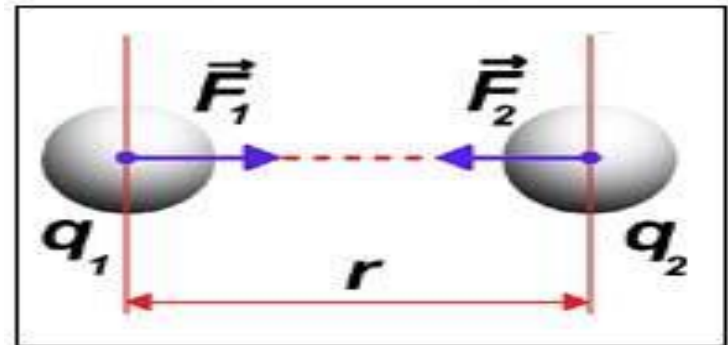


Математическая запись закона Кулона

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

$$k = 9 * 10^9 \frac{\text{Нм}^2}{\text{Кл}^2}$$

- Кулоновская сила направлена вдоль прямой, соединяющей оба точечных заряда, подчиняется III закону Ньютона



Коэффициент пропорциональности в системе СИ

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

в воздухе ,
в вакууме

$$\epsilon_0 = 8,85 * 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} * \text{м}^2)$$

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

для любой
среды

ϵ_0 электрическая
постоянная.

ϵ электрическая постоянная
среды или
диэлектрическая

- **Диэлектрическая проницаемость среды** - физическая величина, характеризующая электрические свойства вещества и показывающая, во сколько раз сила взаимодействия зарядов в данной среде меньше силы их взаимодействия в вакууме.

- **масса электрона равна:**
- $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг.
- **минимально возможный (по модулю) электрический заряд, называемый элементарным зарядом. Его значение:**
- $e = 1,602177 \cdot 10^{-19}$ Кл $\approx 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Поверхностная плотность заряда

- **Поверхностная плотность заряда.** Используется для описания распределения заряда по поверхности тела:

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

- где: S – площадь поверхности тела.
Измеряется в Кл/м².

- Два одинаковых маленьких металлических шарика притягиваются с некоторой силой. Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на расстояние в 2 раза большее, чем прежде. При этом модуль силы взаимодействия уменьшился в 5 раз. Найти величину заряда первого шарика до соприкосновения, если второй имел заряд 1,6 нКл.

1. Образует систему уравнений сил взаимодействия до соприкосновения, и после соприкосновения и разнесения шариков на новое расстояние

$$\left. \begin{aligned} F &= k \frac{q_1 q_2}{r^2}; \\ \frac{F}{5} &= k \frac{\left(\frac{q_1 - q_2}{2}\right)^2}{4r^2}; \end{aligned} \right\} \Rightarrow 5 = \frac{16q_1 q_2}{(q_1 - q_2)^2}; \quad 5(q_1^2 - 2q_1 q_2 + q_2^2) = 16q_1 q_2;$$

2. Образует квадратное уравнение относительно искомого заряда

$$5q_1^2 - 10q_1 q_2 + 5q_2^2 - 16q_1 q_2 = 0; \quad q_2^2 - \frac{26}{5}q_1 q_2 + q_1^2 = 0;$$

$$q_2 \cong \frac{26}{10}q_1 \pm \sqrt{\left(\frac{26}{10}\right)^2 q_1^2 - q_1^2} \cong 2,6q_1 \pm q_1 \sqrt{2,6^2 - 1} \cong 5q_1 \cong 8 \text{ нКл};$$

***Самостоятельная
работа***

ЗАКОН

КУЛОНА

***Записать фамилию и
номер варианта***

ЗАДАЧА 1 (образец)

- Два одинаковых шарика, имеющих заряды $3e$ и $-7e$ привели в соприкосновение и развели в стороны. Каков стал заряд на шариках?

• Дано:

$$Q_1 = 3e$$

$$Q_2 = -7e$$

$$q_1, q_2 - ?$$

Решение

$$Q_1 + Q_2 = q_1 + q_2 \quad q_1 = q_2$$

$$q_1 = (Q_1 + Q_2) : 2$$

$$q_1 = q_2 = (3e - 7e) : 2 = \underline{-2e}$$

ЗАДАЧА 1

- Каков стал заряд на шариках после соприкосновения?

вариант 1

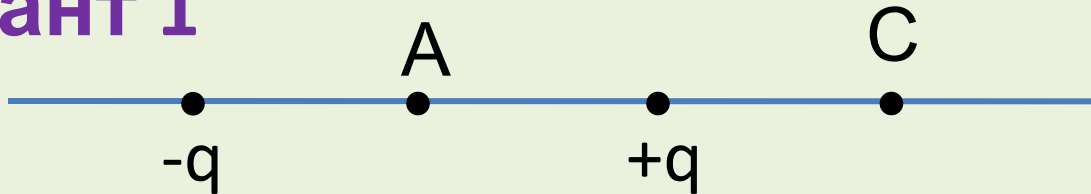
- 1) $q_1 = 5e$ $q_2 = -9e$
- 2) $q_1 = 0$ $q_2 = -10e$
- 3) $q_1 = -3,5 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$
 $q_2 = -1,5 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$

вариант 2

- 1) $q_1 = e$ $q_2 = 9e$
- 2) $q_1 = -4e$ $q_2 = -2e$
- 3) $q_1 = +7,6 \cdot 10^{12} \text{ Кл}$
 $q_2 = -1,6 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}$

ЗАДАЧА 2

- Как будет направлена сила, действующая на заряд $+q$, помещенный в точки А и С
- **Вариант 1**



ЗАДАЧА 3 (образец)

- Два шара, имеющих заряды $q_1 = 0,2 \cdot 10^{-8}$ Кл и $q_2 = -3,6 \cdot 10^{-9}$ Кл привели в соприкосновение и удалили друг от друга. Найти число избыточных электронов.

Решение

• Дано:

$$q_1 = 0,2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$q_2 = -3,6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

n - ?

Решение

$$Q = \frac{q_1 + q_2}{2} \quad n = \frac{Q}{e}$$

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

$$Q = \frac{2 \cdot 10^{-9} + (-3,6 \cdot 10^{-9})}{2} = \frac{-1,6 \cdot 10^{-9}}{2} = -0,8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$n = \frac{-0,8 \cdot 10^{-9}}{-1,6 \cdot 10^{-19}} = 5 \cdot 10^9$$

ЗАДАЧА 3

- Два шара, имеющих заряды

Вариант 1

- $q_1 = 2,4 \cdot 10^{-12}$ Кл
- $q_2 = -6,6 \cdot 10^{-12}$ Кл

Вариант 2

- $q_1 = -5,3 \cdot 10^{-14}$ Кл
- $q_2 = -0,3 \cdot 10^{-14}$ Кл

привели в соприкосновение и удалили друг от друга. Найти число избыточных электронов.

ЗАКОН КУЛОНА

$$|\vec{F}| = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2}$$

- | | | |
|--|---|--|
| $ \vec{F} $ | – | модуль силы взаимодействия двух точечных неподвижных зарядов |
| $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$ | | коэффициент пропорциональности |
| $ q_1 , q_2 $ | – | абсолютные значения зарядов |
| ϵ | – | диэлектрическая проницаемость среды |
| r | – | расстояние между зарядами |

ЗАДАЧА 4 (образец)

*С какой силой взаимодействуют два точечных заряда **10 нКл** и **15 нКл**, находящихся на расстоянии **5 см** друг от друга?*

ЗАДАЧА 4 (образец)

• Дано:

$$q_1 = 10 \text{ нКл}$$

$$q_2 = 15 \text{ нКл}$$

$$r = 5 \text{ см}$$

F - ?

Си

$$10 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$15 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$0,05 \text{ м}$$

Решение

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \cdot 15 \cdot 10^{-9}}{(5 \cdot 10^{-2})^2} =$$

$$= 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$$

Ответ: 0,54 мН

ТАБЛИЦА ПРИСТАВ ОК

ПРИСТАВКА	ОБОЗНАЧЕНИЕ	МНОЖИТЕЛЬ
<i>Гига</i>	Г	$1000\ 000\ 000 = 10^9$
<i>Мега</i>	М	$1000\ 000 = 10^6$
<i>Кило</i>	к	$1000 = 10^3$
<i>Гекто</i>	г	$100 = 10^2$
<i>Санتي</i>	с	$0,01 = 10^{-2}$
<i>Милли</i>	м	$0,001 = 10^{-3}$
<i>Микро</i>	МК	$0,000\ 000\ 1 = 10^{-6}$
<i>Нано</i>	н	$0,0000000001 = 10^{-9}$

ЗАДАЧА 4

Вариант 1

- Определите силу взаимодействия между зарядами **9 нКл** и **2,4 мкКл**, находящихся на расстоянии **2,4 мм**.

Вариант 2

- Определите силу взаимодействия между зарядами **3,6 нКл** и **8 нКл**, находящихся на расстоянии **1,5 см**.

ЗАДАЧА 5

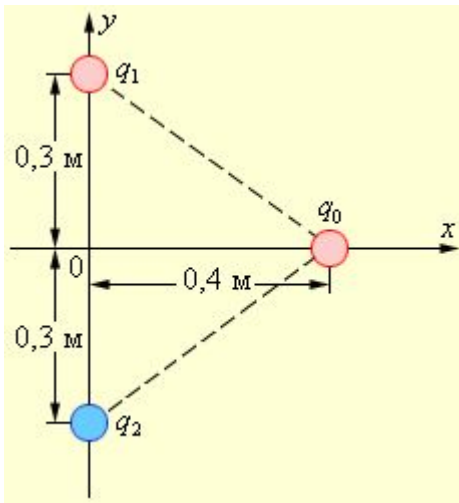
Вариант 1

- На каком расстоянии находятся заряды **2 нКл** и **5 нКл**, если они взаимодействуют друг с другом с силой **9 мН**?

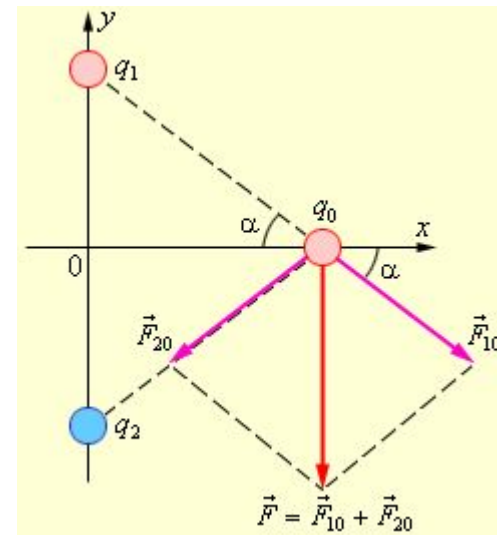
Вариант 2

- Два одинаковых заряда взаимодействуют друг с другом с силой **0,4 мН**, находясь на расстоянии **5 см** друг от друга. Чему равен каждый заряд?

На рисунке изображено взаимное расположение трех точечных зарядов $q_1 = +2,0 \cdot 10^{-6}$ Кл, $q_2 = -2,0 \cdot 10^{-6}$ Кл и $q_0 = +4,0 \cdot 10^{-6}$ Кл и указаны расстояния между зарядами. Определите модуль и направление результирующей силы, действующей на заряд q_0 со стороны зарядов q_1 и q_2 .



• Решение



$$F_{10} = F_{20} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0|q|}{r^2} = 0,29 \text{ Н.}$$

$$F = 2F_{10} \sin \alpha = 2 \cdot 0,6 \cdot F_{10} = 0,35 \text{ Н.}$$

ЗАДАЧА 6

Вариант 1

- Заряды $q_1 = q_2 = q = 1 \cdot 10^{-6}$ Кл расположены в вершинах равностороннего треугольника со сторонами 20 см. Найдите силу, действующую на один из этих зарядов со стороны двух других в воздухе.

Вариант 2

Три одинаковых точечных заряда $q_1 = q_2 = q_3 = 2$ нКл находятся в вершинах равностороннего треугольника со стороной $a = 10$ см. Определить модуль и направление силы F , действующей на один из зарядов со стороны двух других.