

# 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  
 $\epsilon$  – 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.

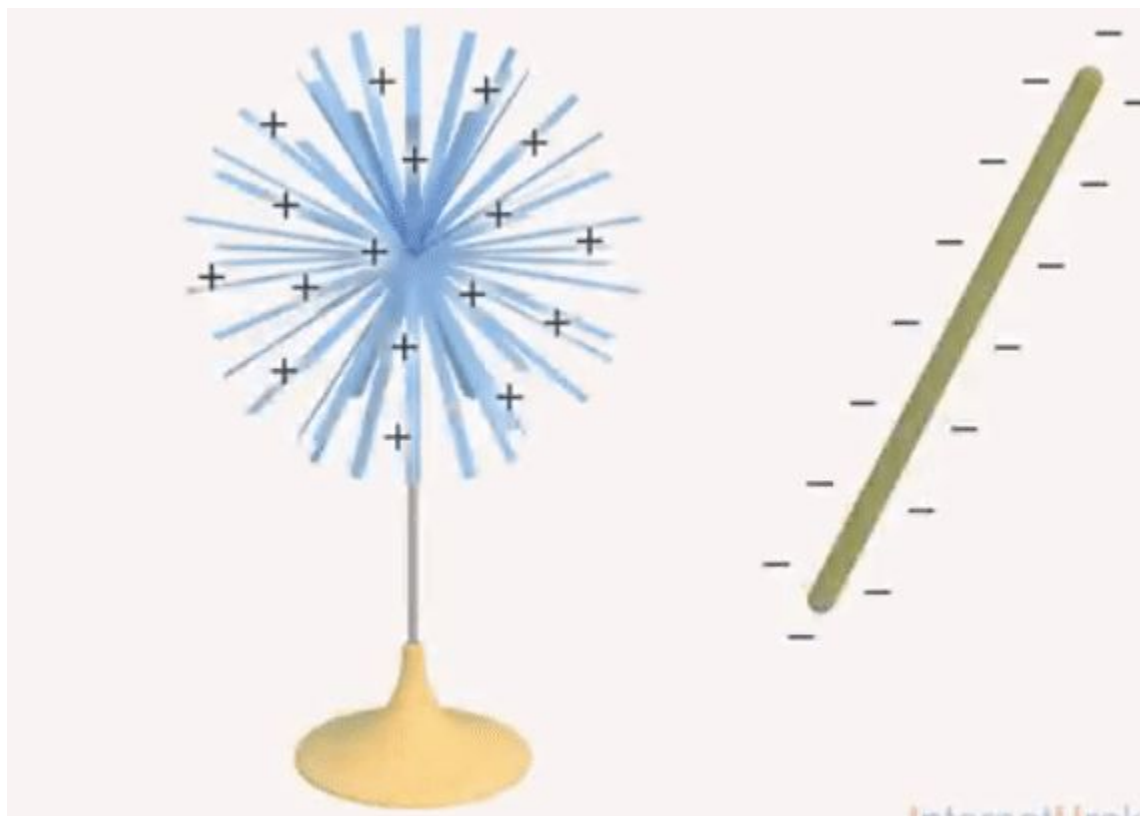
Электризация может производиться несколькими способами:

- 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

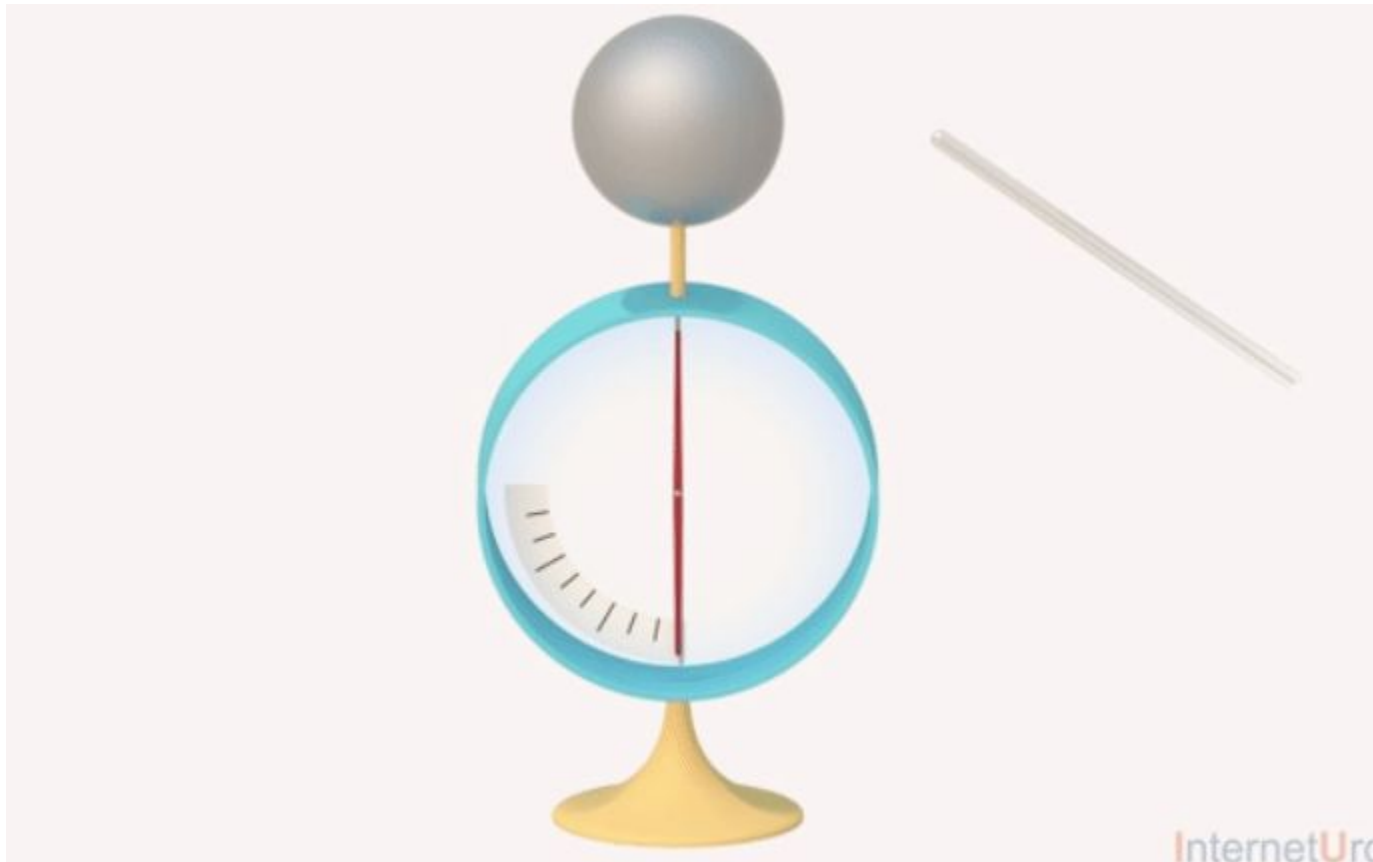


# Электризация через влияние (наведение)





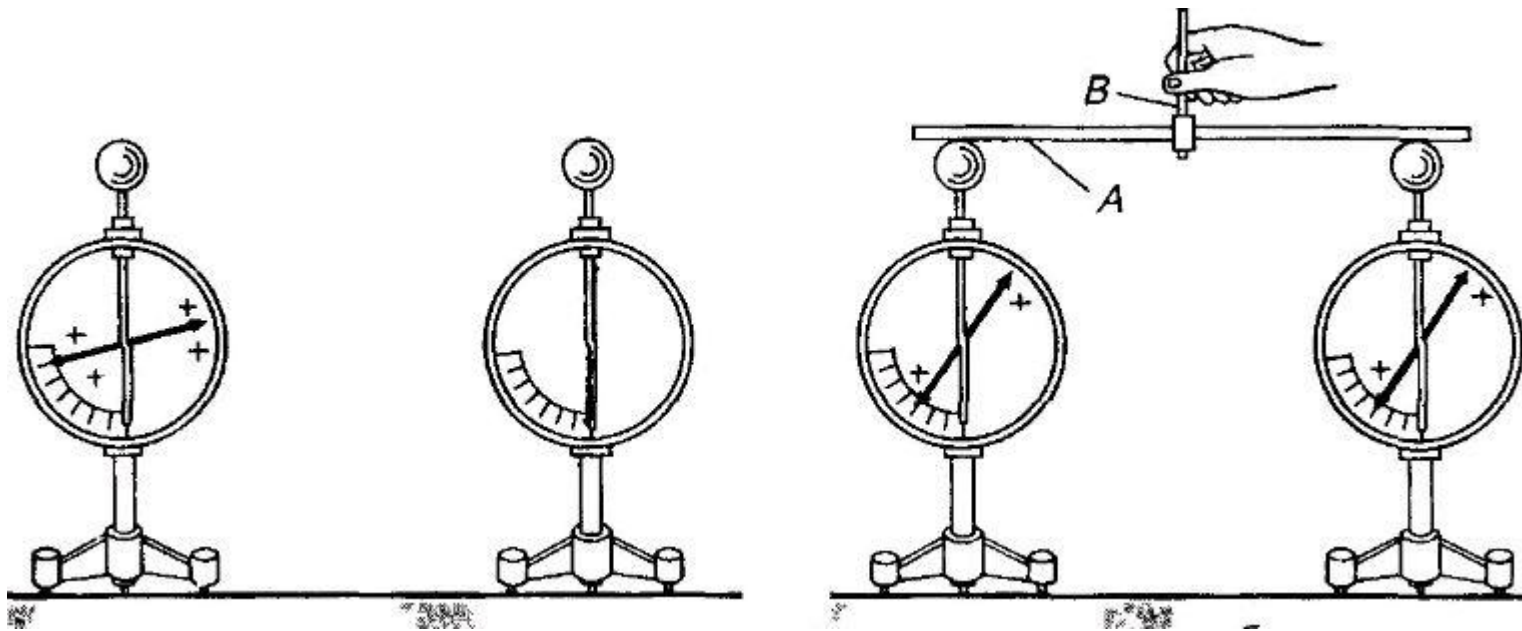
# Электрометр



# 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.

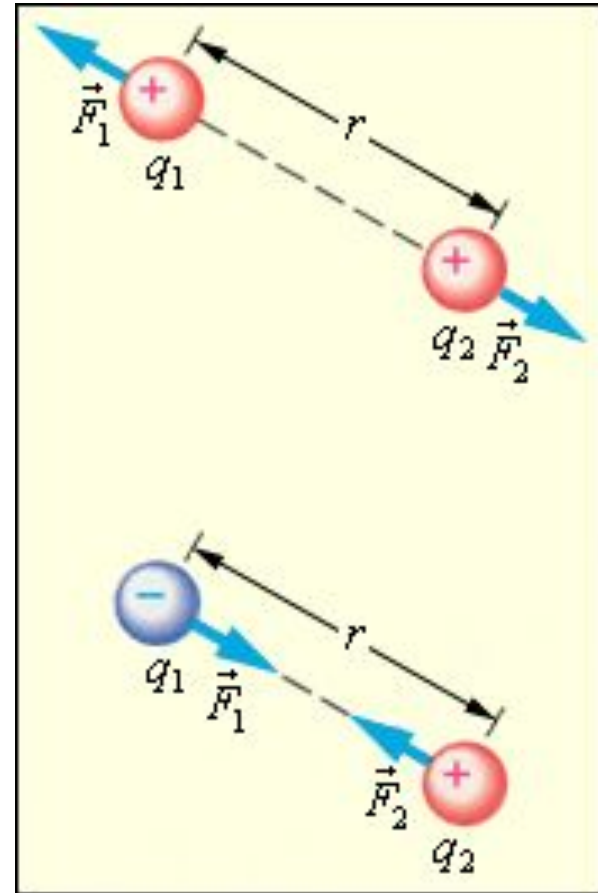
# Основной закон электростатики был экспериментально установлен французским учёным Ш. Кулоном в 1785 году



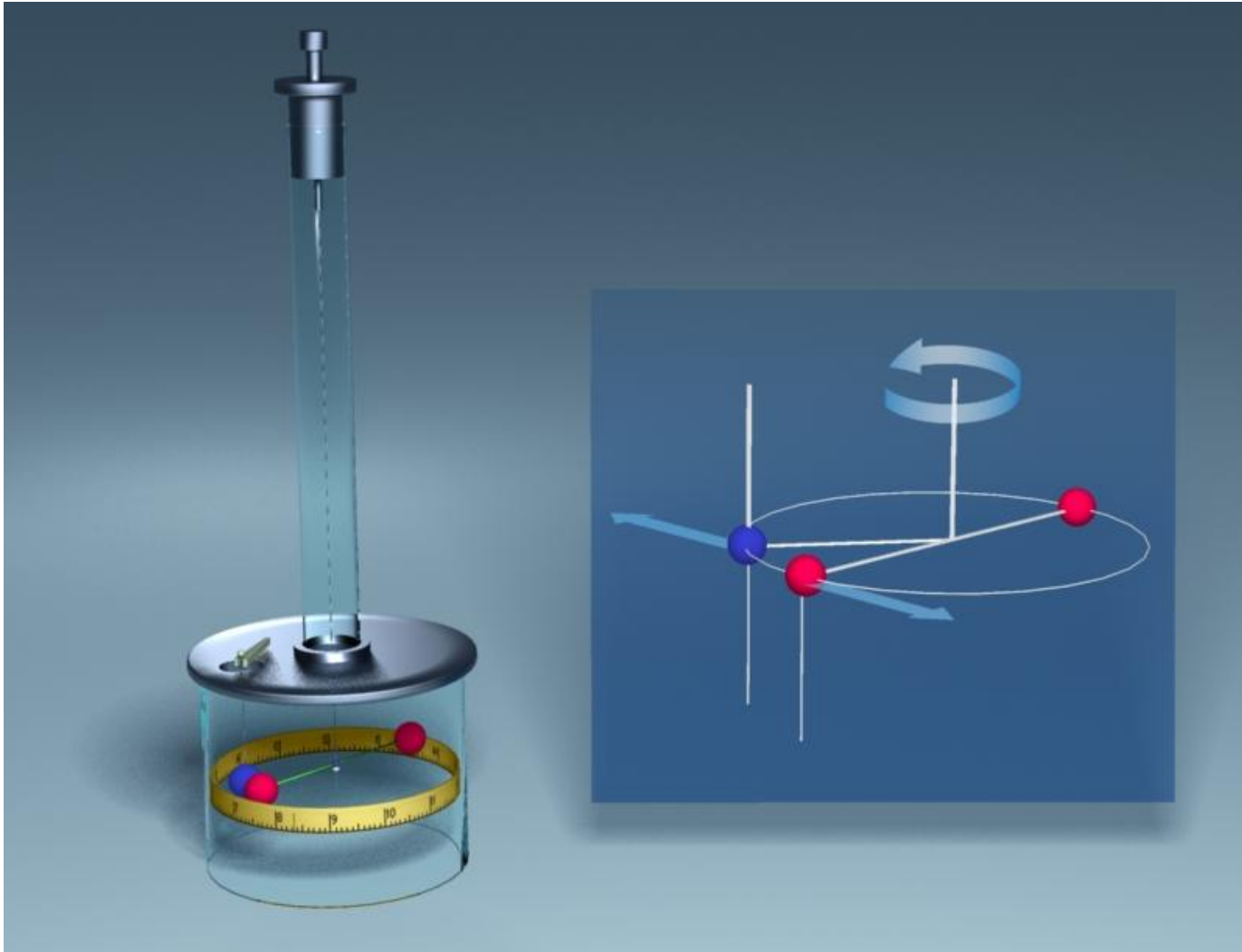
- КУЛОН (Coulomb) Шарль Огюстен (1736-1806), французский инженер и физик, один из основателей электростатики. Исследовал деформацию кручения нитей, установил ее законы. Изобрел (1784) крутильные весы и открыл (1785) закон, названный его именем. Установил законы сухого трения. Его экспериментальные исследования 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

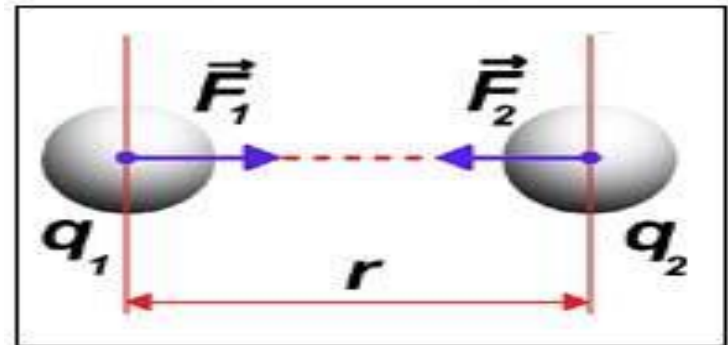


# Математическая запись закона Кулона

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

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

- 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

$\epsilon_0$  электрическая  
постоянная.

$\epsilon$  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/м<sup>2</sup>.

- 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

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

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

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

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

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

# 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

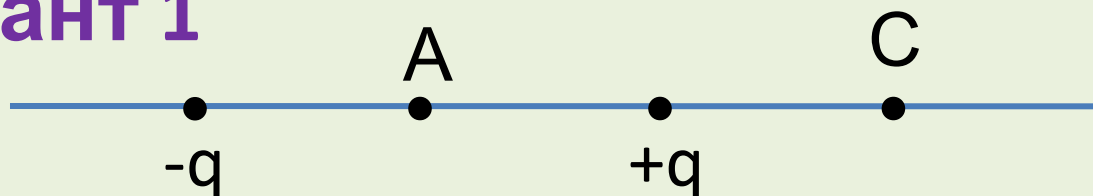
1)  $q_1 = e$      $q_2 = 9e$

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                                  |
| $\epsilon$   | – | 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>	<b>Г</b>	$1000\ 000\ 000 = 10^9$
<i>Мега</i>	<b>М</b>	$1000\ 000 = 10^6$
<i>Кило</i>	<b>к</b>	$1000 = 10^3$
<i>Гекто</i>	<b>г</b>	$100 = 10^2$
<i>Санتي</i>	<b>с</b>	$0,01 = 10^{-2}$
<i>Милли</i>	<b>м</b>	$0,001 = 10^{-3}$
<i>Микро</i>	<b>МК</b>	$0,000\ 000\ 1 = 10^{-6}$
<i>Нано</i>	<b>н</b>	$0,000000001 = 10^{-9}$

# ЗАДАЧА 4

## Вариант 1

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

## Вариант 2

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



# ЗАДАЧА 5

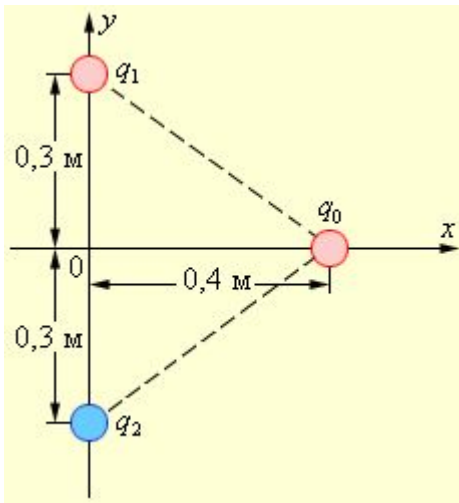
## Вариант 1

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

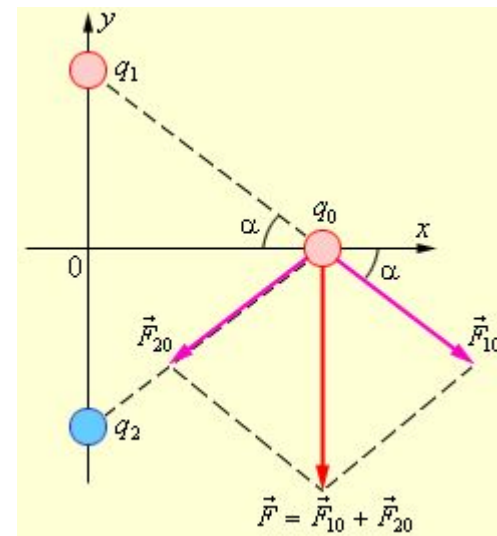
## Вариант 2

- 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.