

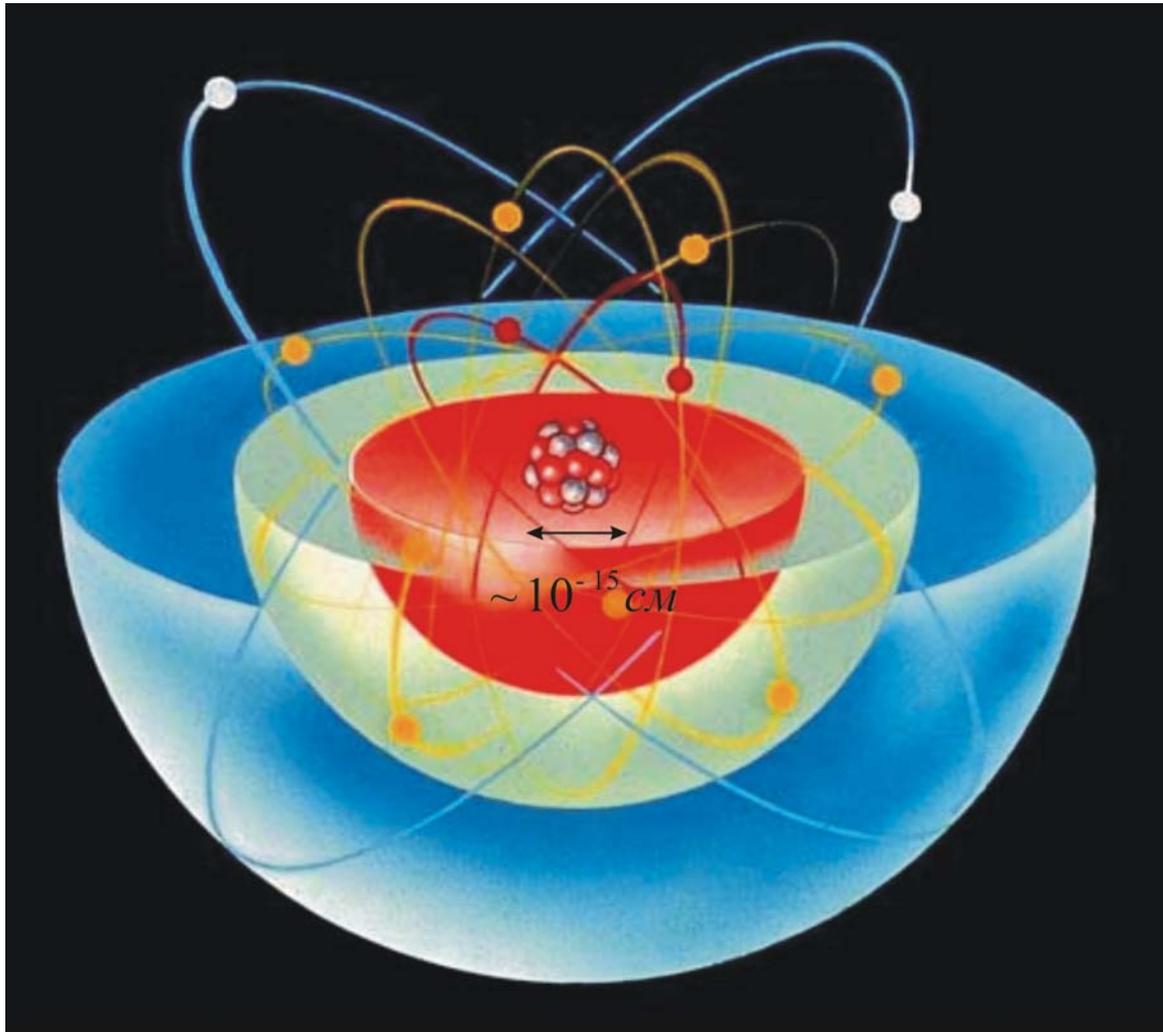
Лекция 1.

- Электромагнитное взаимодействие и его место среди других взаимодействий в природе. Электрический заряд. Микроскопические носители заряда. Опыт Милликена. Закон сохранения электрического заряда. Развитие физики электричества в работах М.В.Ломоносова.
- Электростатика. Закон Кулона и его полевая трактовка. Вектор напряженности электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей.

Электромагнитное взаимодействие и его место среди других взаимодействий в природе.

Фундаментальные взаимодействия (силы) в природе

Вид взаимодействия (силы)	Скорость процесса τ при энергии $W=1$ ГэВ, с	$F=W/\tau$, Н	Радиус действия, см
Сильные	10^{-24}	10^{14}	10^{-13}
Электромагнитные	10^{-21}	10^{11}	∞
Слабые	10^{-10}	1	10^{-16}
Гравитационные	10^{+23}	10^{-33}	∞



$\sim 10^{-8} \text{ cm}$

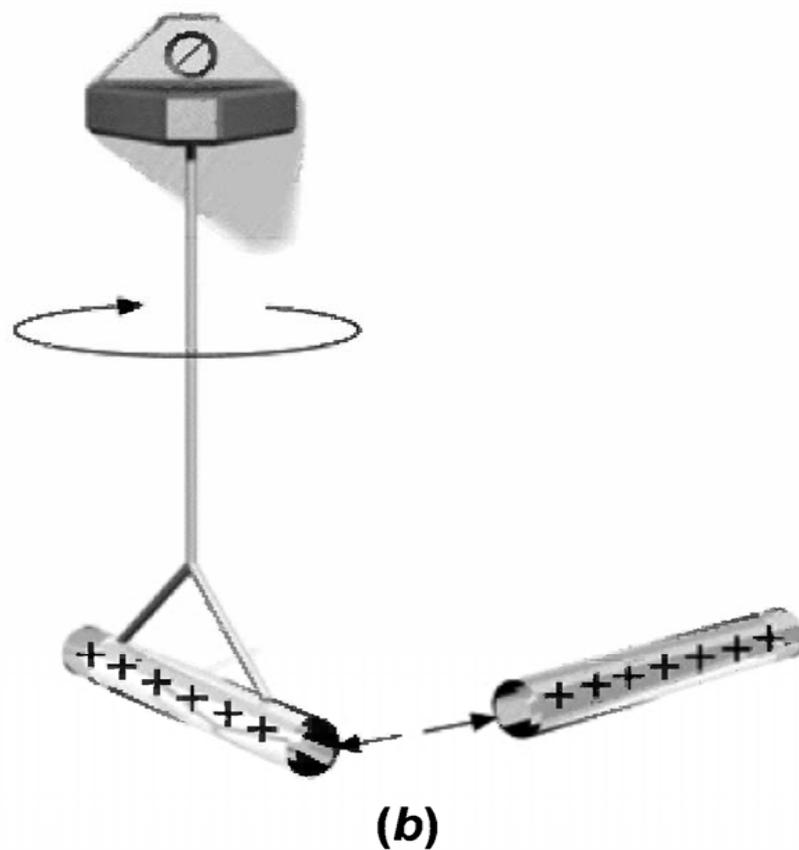
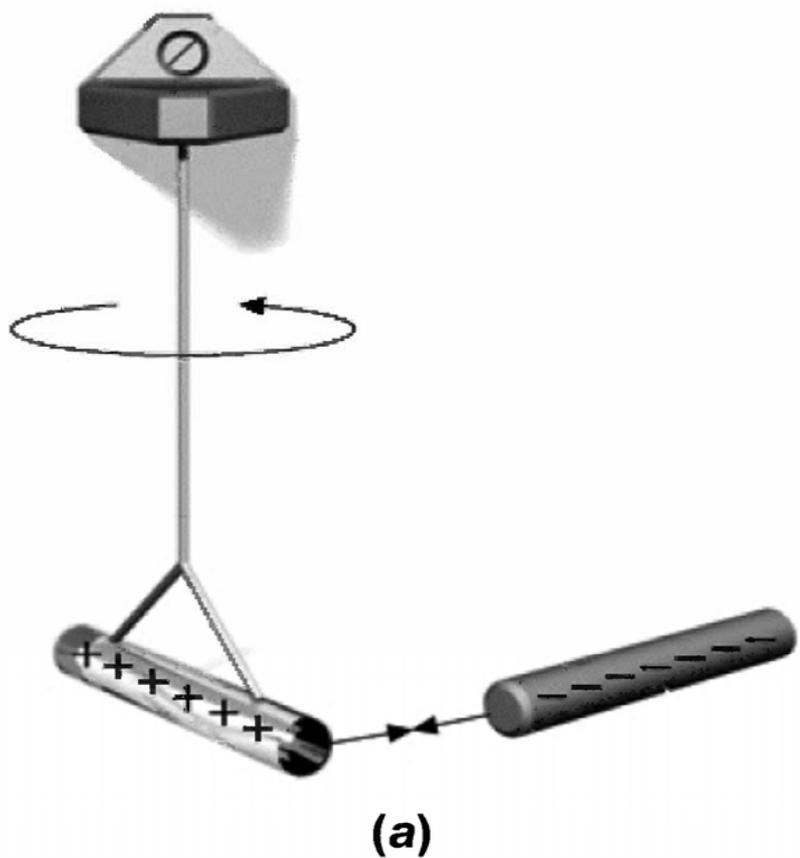
Электромагнитное взаимодействие. Электрический заряд.

- Электромагнитным взаимодействием называется взаимодействие между электрически заряженными телами или электрически заряженными телами и электромагнитным полем.
- Если тело электрически заряжено, то говоря, что оно имеет электрический заряд. То есть, электрический заряд это физическая величина, являющееся источником электромагнитных взаимодействий.
- Взаимодействие между покоящимися заряженными телами (или кратко зарядами) называют электрическими или точнее электростатическими взаимодействиями.

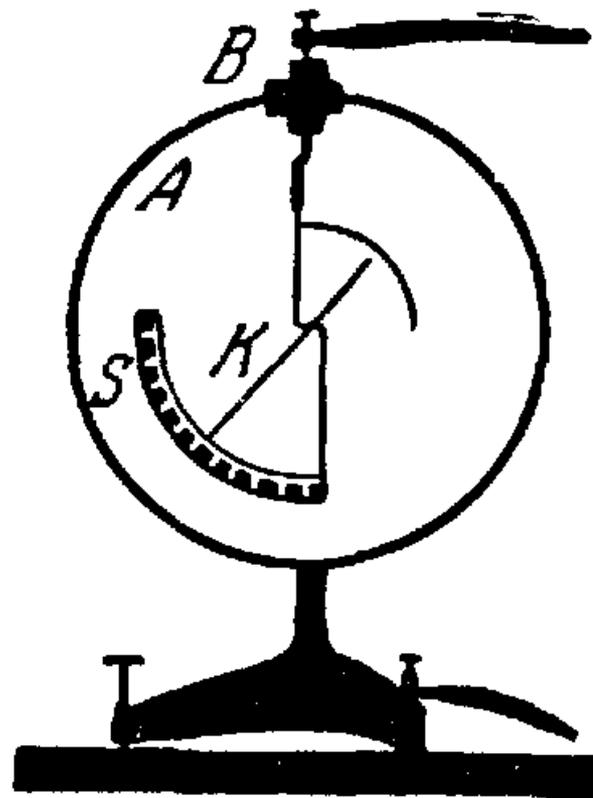
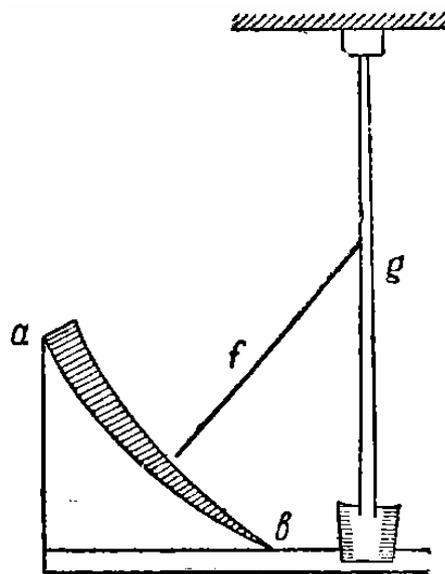
Электризация трением. Притяжение мелких предметов наэлектризованными телами.



Два вида электрических зарядов (положительные и отрицательные).



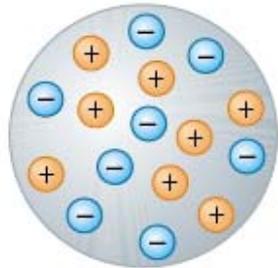
Электроскопы и электрометры.



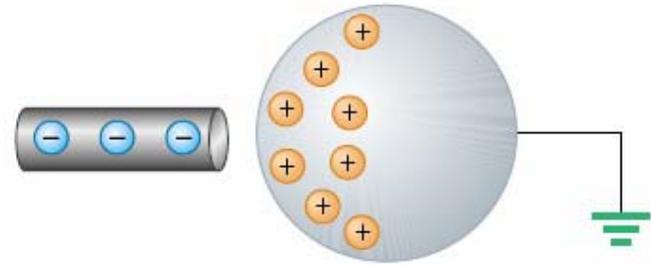
Электрометр

Г.В.Рихмана (1745)

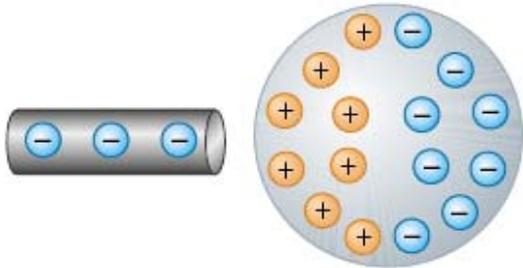
Электростатическая индукция. Электризация проводника через влияние.



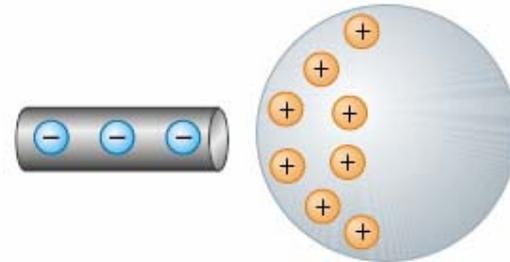
(a)



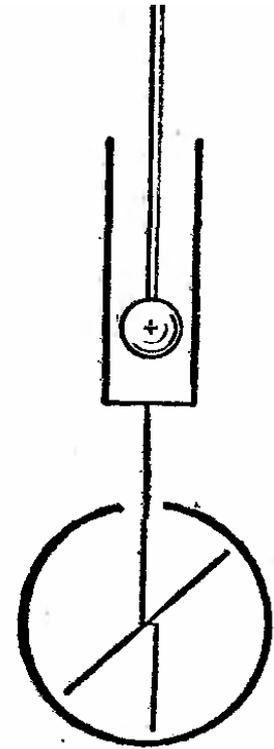
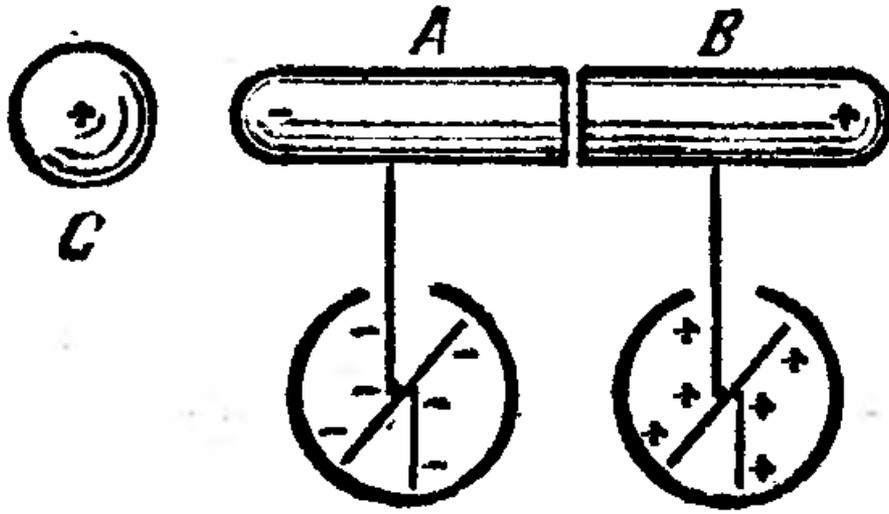
(c)



(b)

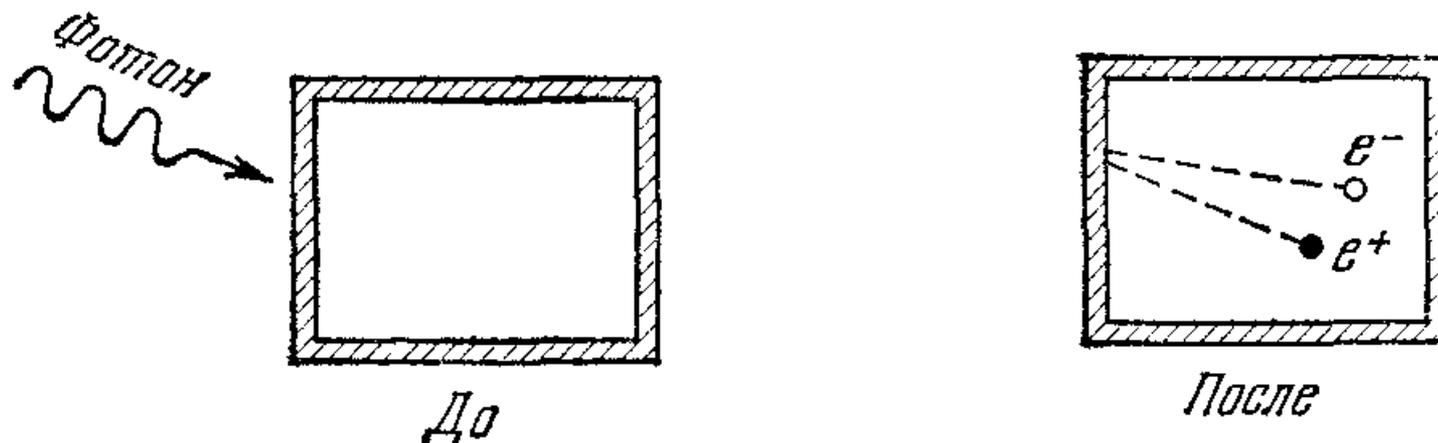


(d)

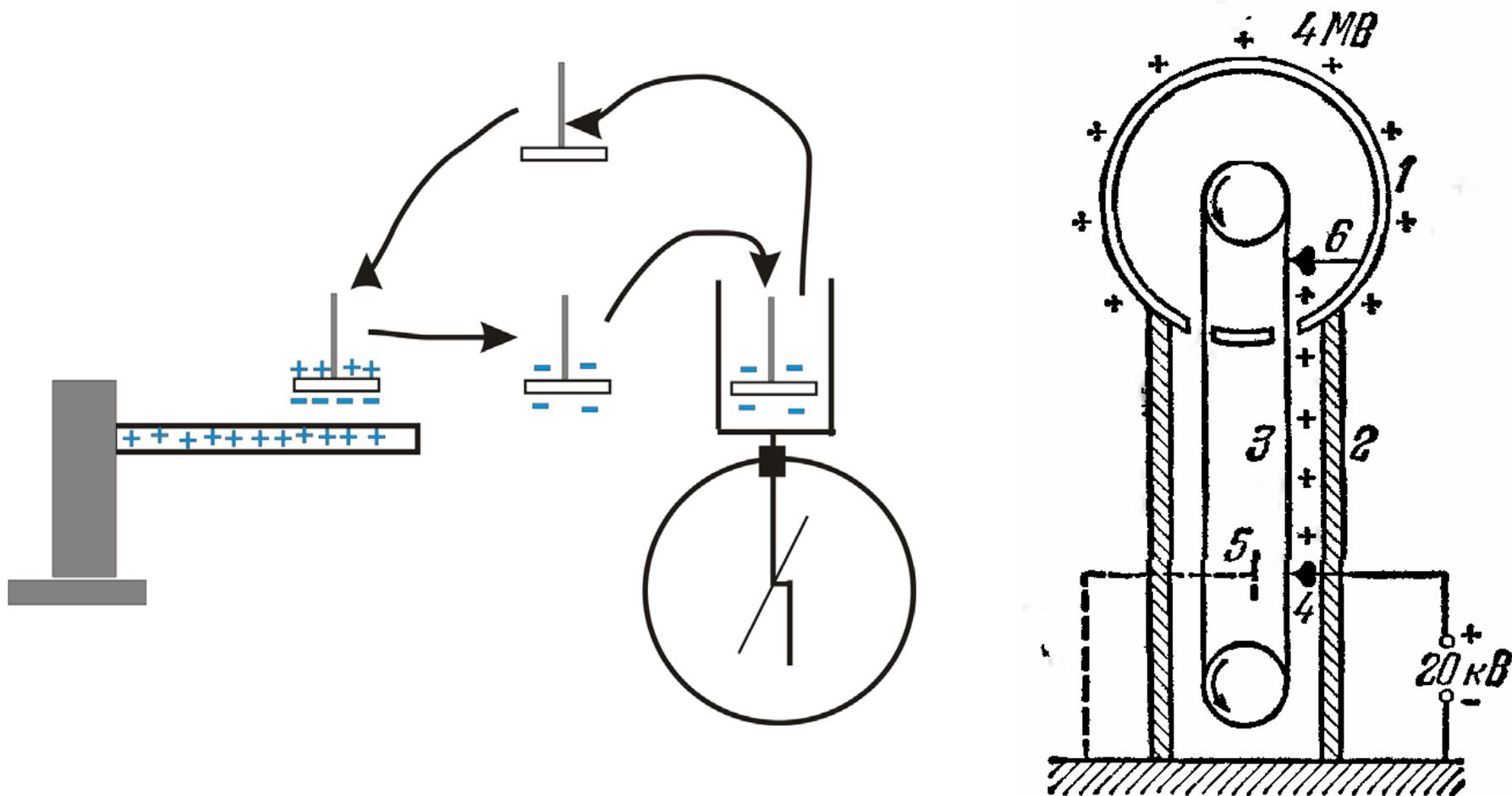


Закон сохранения электрического заряда.

- Алгебраическая сумма зарядов в любой замкнутой системе сохраняется неизменной при любых электрических взаимодействиях и превращениях веществ внутри этой системы.



Принцип работы электрофорной машины. Генератор Ван-де-Граафа.



Принцип работы электростатической машины.

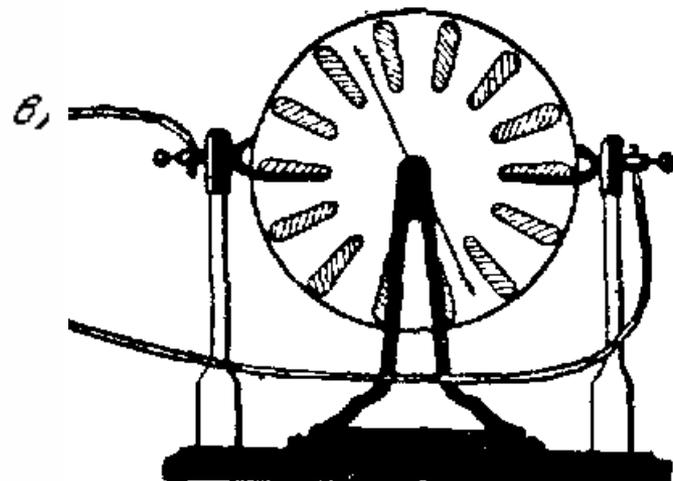
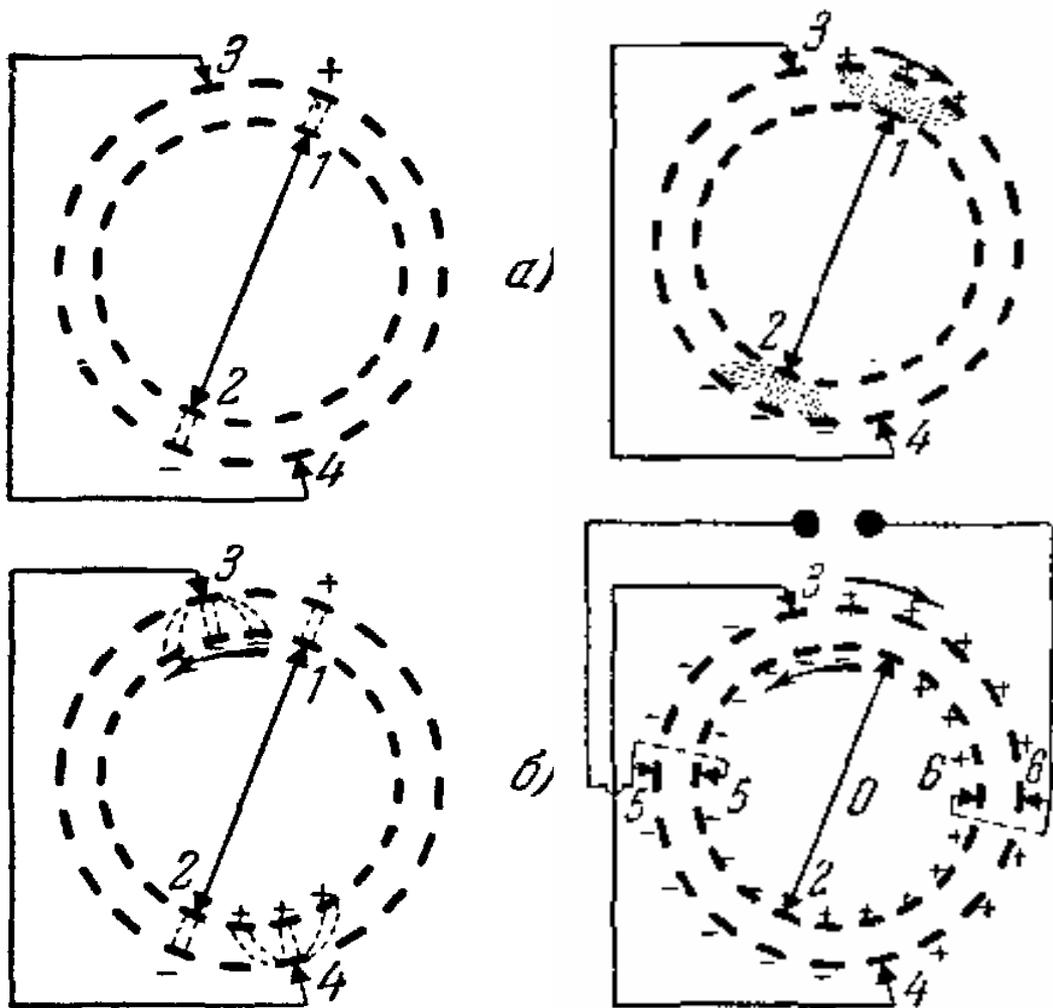
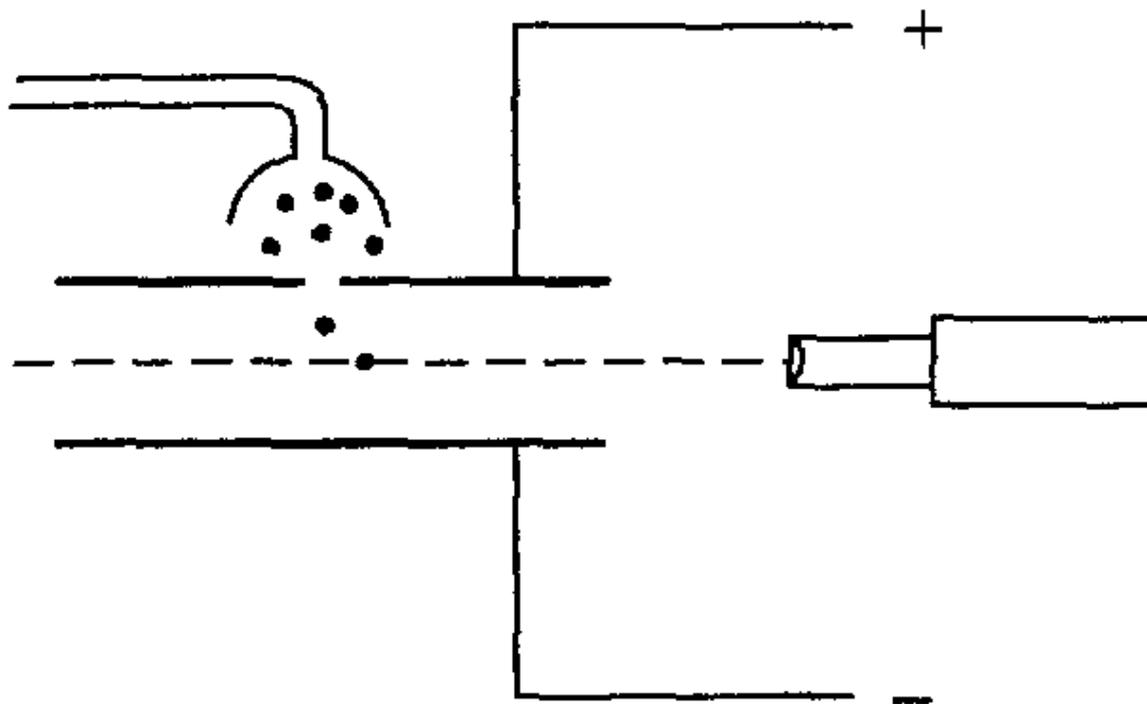
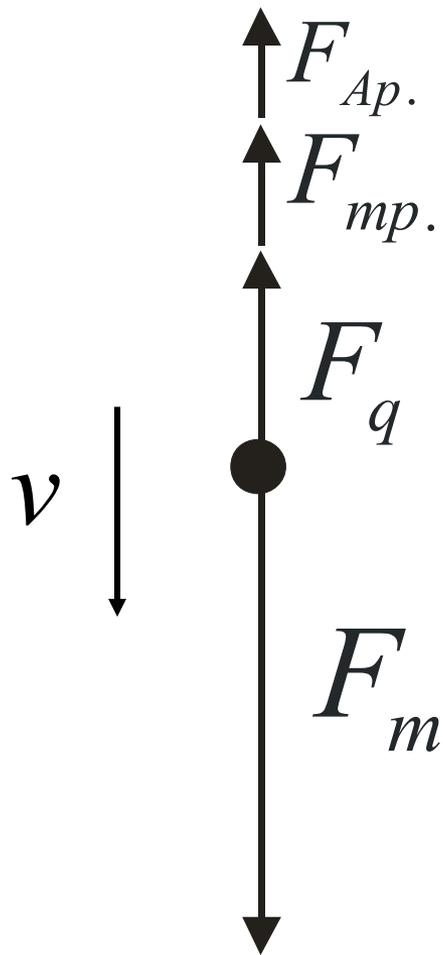


Схема действия
электростатической ма-
шины Гольтца.

Микроскопические носители заряда. Опыт Милликена.



1.2. Схема опыта Милликена



$$F_m = F_q + F_{mp.} + F_{Ap.}$$

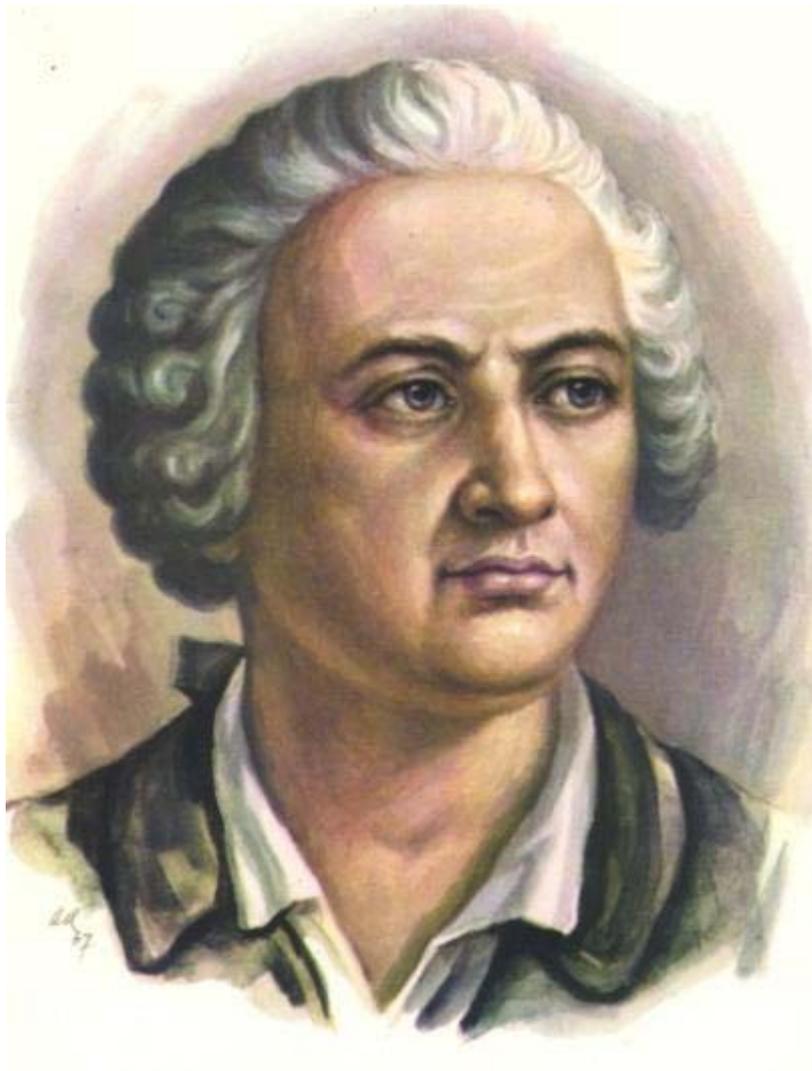
$$mg = qE + 6\pi\eta a v + m_{\text{воздуха}} g$$

$$(q_1 - q_0), (q_2 - q_0), (q_3 - q_0), \dots$$

$$e = 1,602189 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Михаил Васильевич Ломоносов (1711-1765)

1711г., 8(19) ноября в деревне Мишанинской Куростровской волости
Архангельской губернии в семье помора родился М. В. Ломоносов.



Молекулярно-кинетическое учение М.В.Ломоносова

- В работе «О причине теплоты и стужи. Рассуждения Михаила Ломоносова» написано «...теплота состоит в движении материи, Сие движение есть внутреннее, то есть в теплых и горячих телах движутся нечувствительные частицы, из которых состоят самые тела;». М.В.Ломоносов в этой же работе указал на возможность существования абсолютного нуля температуры «... должна существовать наибольшая и последняя степень холода, которая должна существовать в полном прекращении вращательного движения частиц».

Молекулярно-кинетическое учение М.В.Ломоносова

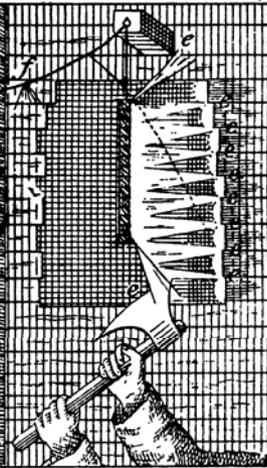
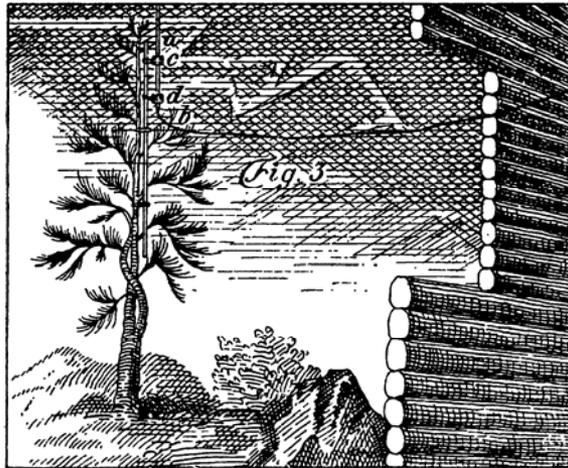
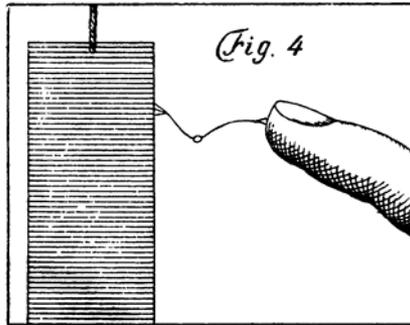
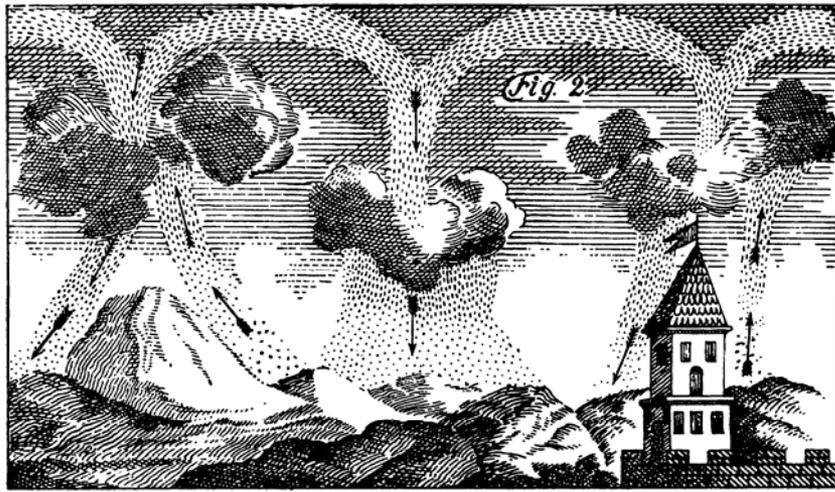
- М.В.Ломоносов в работе «Опыт теории упругости воздуха Михаила Ломоносова» объяснил упругие свойства атмосферного воздуха механизмом отталкивания атомов воздуха друг от друга. Он пишет: « ... отдельные атомы воздуха, в беспорядочном чередовании, сталкиваются с ближайшими через нечувствительные промежутки времени, ... таким образом, непрерывно отталкиваемые друг от друга частыми взаимными толчками, они стремятся рассеяться во все стороны.».

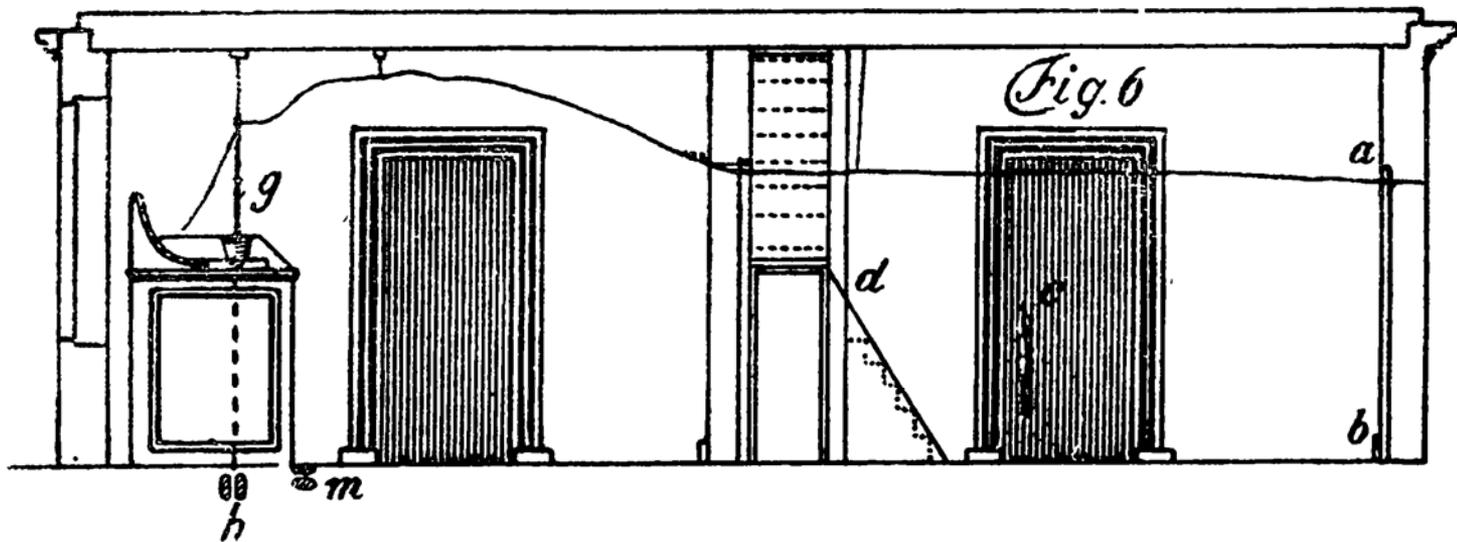
Закон сохранения материи

- В письме к Леонарду Эйлеру от 5 июля 1748 года в следующей формулировке: «Но все встречающиеся в природе изменения происходят так, что если к чему-либо нечто прибавилось, то это отнимается у чего-то другого. Так, сколько материи прибавляется какому-либо телу, столько же теряется у другого, сколько часов я затрачиваю на сон, столько же отнимаю от бодрствования, и т. д. Так как это всеобщий закон природы, то он распространяется и на правила движения: тело, которое своим толчком возбуждает другое к движению, столько же теряет от своего движения, сколько сообщает другому, им двинутому.»

Природа атмосферного электричества

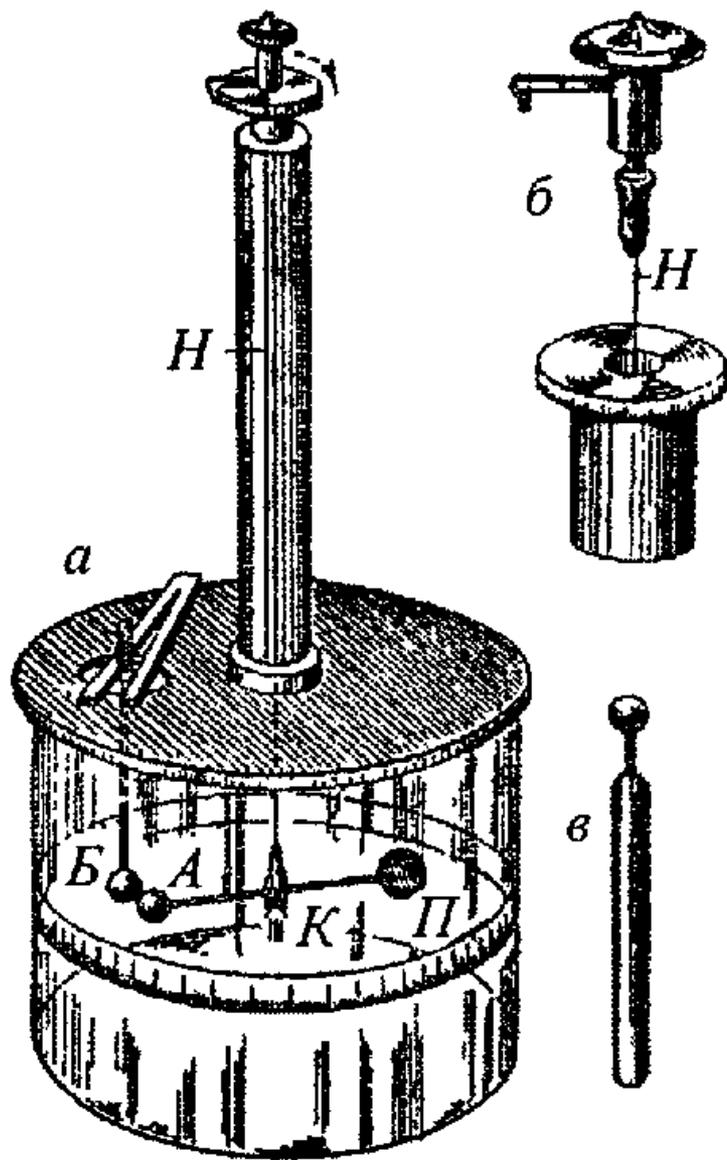
- В работе « Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих, предложенное от Михаила Ломоносова» (1753 год) написано: «В сем состоянии, по незыблемым естества законам, верхней части атмосферы должно опуститься в нижнюю и столь глубоко погрузиться, поколе, перемешавшись с теплым воздухом, в равновесии остановится. ... Уже довольно явствует, какие движения воздуха, кроме дыхания ветров, электрическое трение произвести могут;»





Электростатика. Закон Кулона.

- **Электростатика** – раздел электромагнетизма, в котором изучается взаимодействие неподвижных зарядов.
- Закон взаимодействия неподвижных заряженных тел был открыт в 1785 году Кулоном с помощью изобретенных им крутильных весов



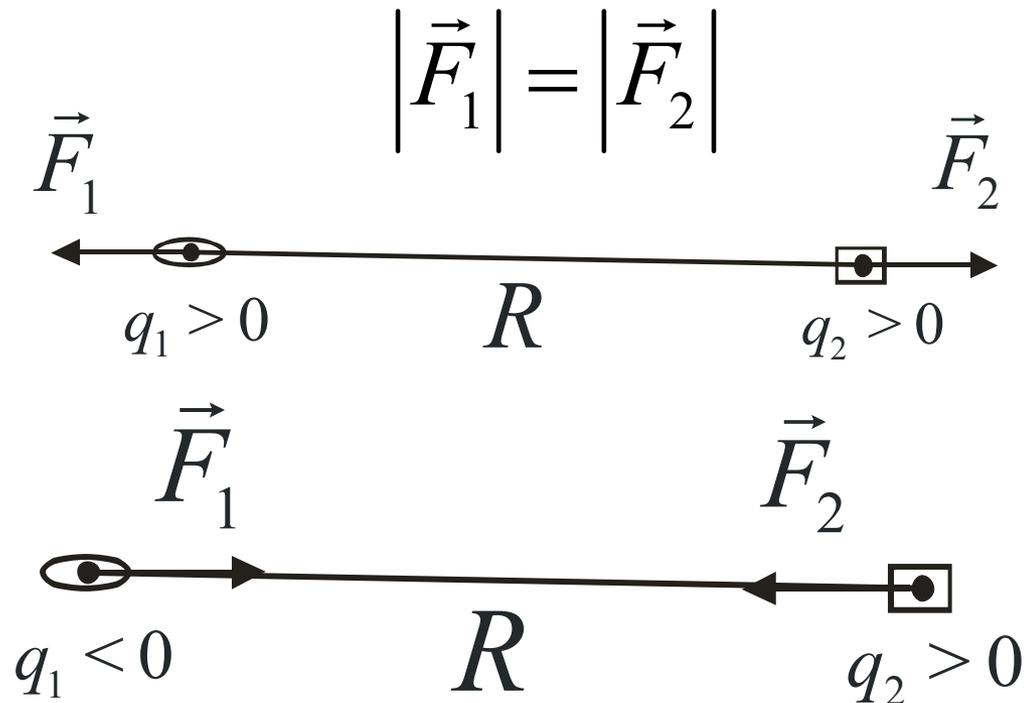
Крутильные весы Кулона

Закон Кулона.

- Величина силы взаимодействия между двумя неподвижными точечными зарядами, находящимися в вакууме, пропорциональна зарядам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними

$$|\vec{F}| \sim \frac{|q_1||q_2|}{R^2} \quad |\vec{F}| = k \frac{|q_1||q_2|}{R^2}$$

- Силы взаимодействия между точечными зарядами направлены вдоль линии, соединяющей эти заряды, и по модулю равны. Одного знака заряды отталкиваются, разного знака – притягиваются.



Единица заряда

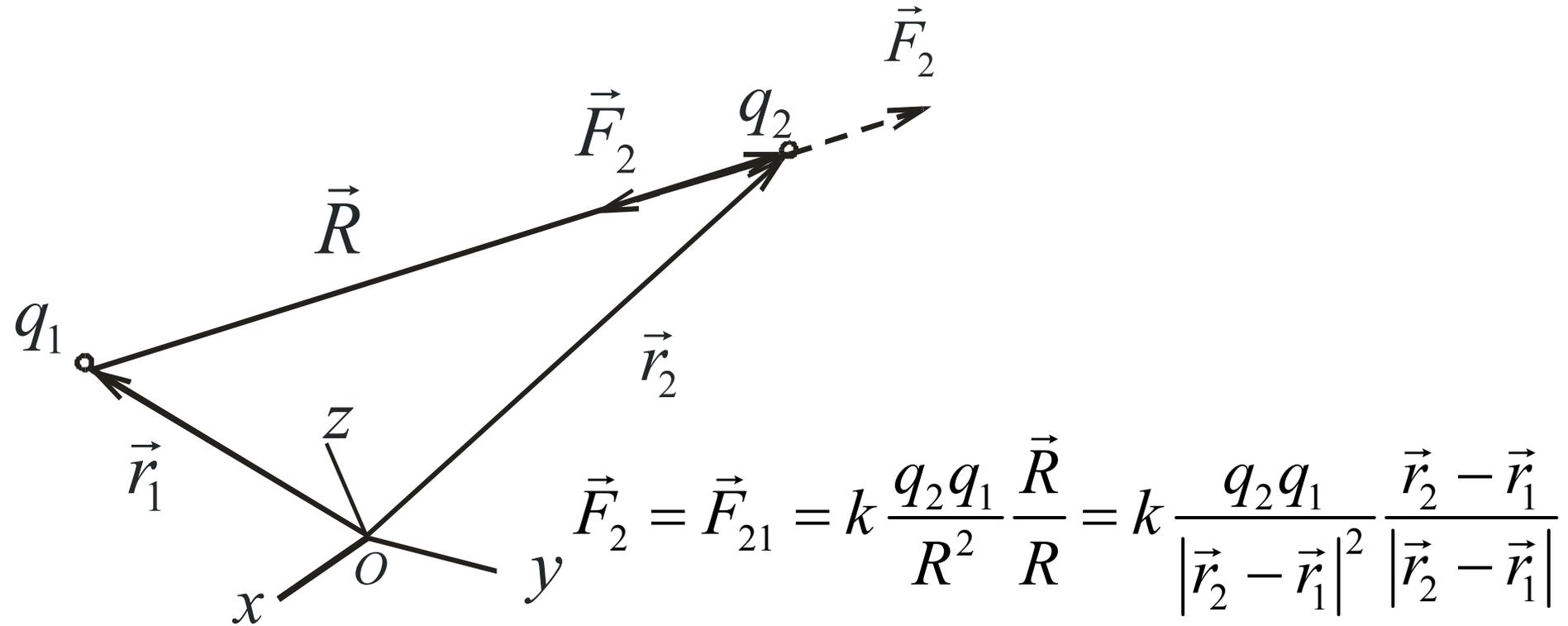
$$1\text{Кл} = 1\text{А} \cdot 1\text{с} = 1\text{А} \cdot \text{с} \quad 1\text{Кл} = 0,1\text{С} \cdot 1\text{СГСЭ}_q$$

$$k = \text{С}^2 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \approx 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$$

$$|\vec{F}| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{R^2}$$

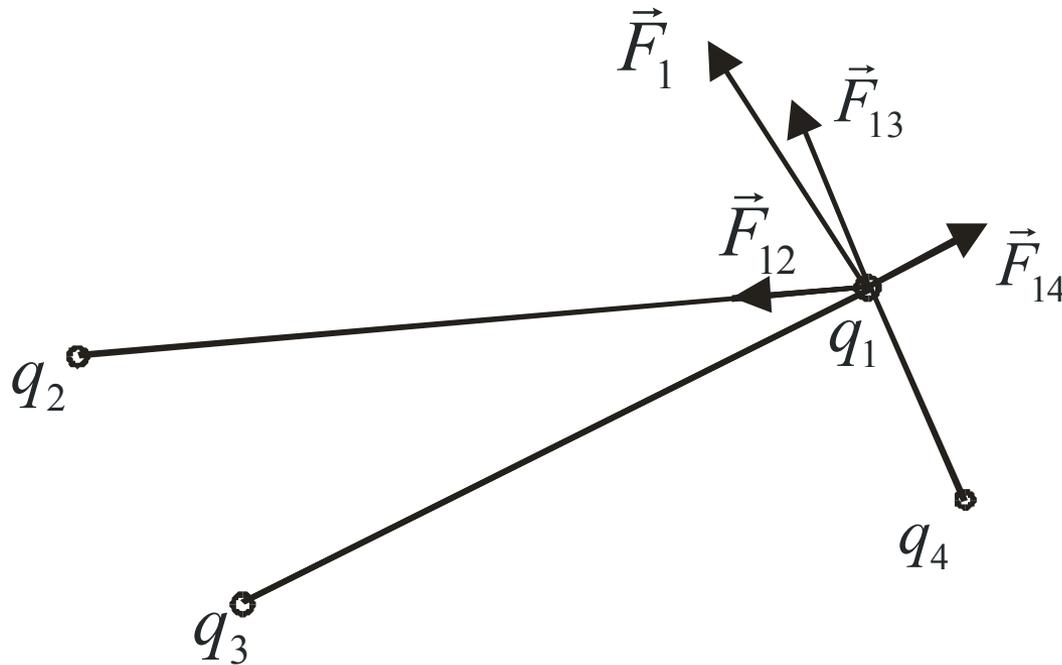
Векторная форма записи закона Кулона



$$\vec{F}_2 = \vec{F}_{21} = k \frac{q_2 q_1}{R^2} \frac{\vec{R}}{R} = k \frac{q_2 q_1}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^2} \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|}$$

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|^2} \frac{\vec{r}_1 - \vec{r}_2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|} = -k \frac{q_1 q_2}{R^2} \frac{\vec{R}}{R}$$

Принцип суперпозиции для сил взаимодействия точечных зарядов.

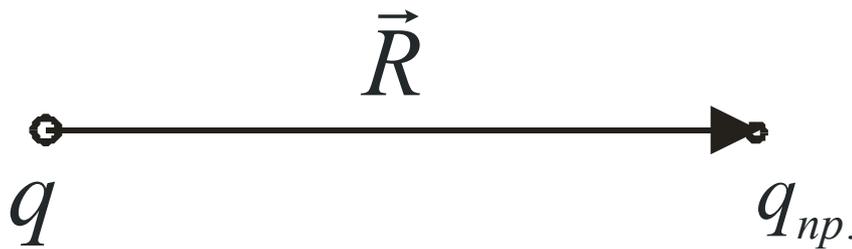


Из опыта следует

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} = \sum_i \vec{F}_{1i}$$

Полевая трактовка закона Кулона. Электрическое поле.

- Введем величину вектора напряженности электрического поля в точке нахождения пробного заряда по формуле



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{q_{np.}}}{q_{np.}}$$

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

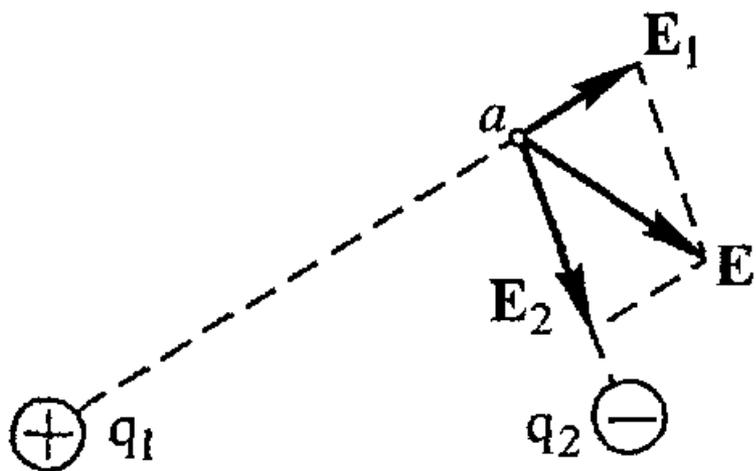
Напряженность электрического поля точечного заряда.

$$\vec{E}_q = \frac{\vec{F}_{qq_{np}}}{q_{np}} = \frac{1}{q_{np}} \frac{qq_{np}}{4\pi\epsilon_0 R^3} \vec{R} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{R}}{R^3}$$

Модуль вектора напряженности равен

$$|\vec{E}_q| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q|}{R^2}$$

Полевая трактовка принципа суперпозиции. Принцип суперпозиции электрических полей.

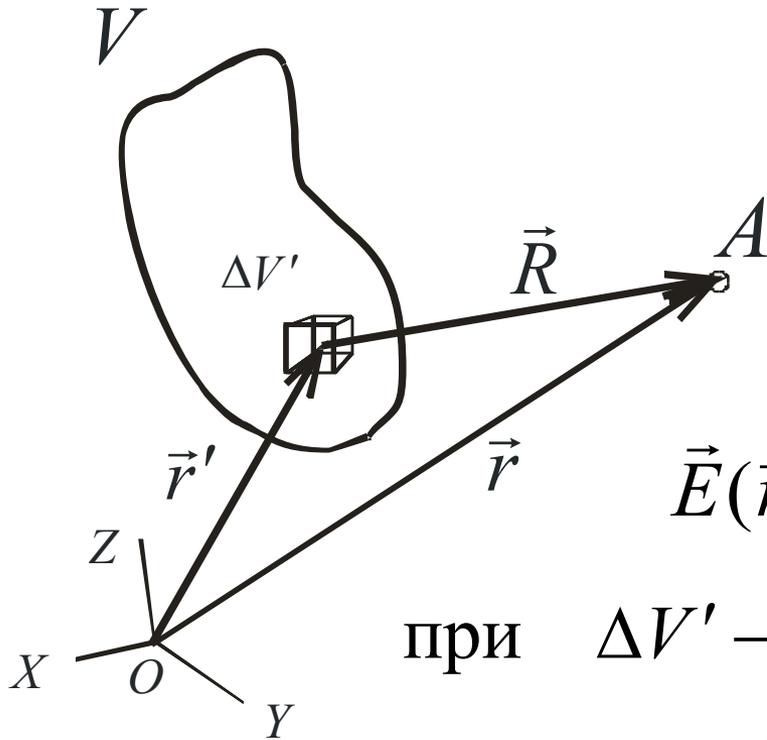


$$\vec{E}(\vec{r}) = \sum_i \vec{E}_i(\vec{r})$$

Объемная, поверхностная и линейная плотности электрического заряда

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta V}, \quad \sigma = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta S}, \quad \gamma = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta l}$$

Напряженность электрического поля, создаваемая непрерывным распределением зарядов



где $\vec{R} = \vec{r} - \vec{r}'$, $\Delta q = \rho(\vec{r}')\Delta V'$.

$$\Delta \vec{E}_{\Delta q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\Delta q \cdot \vec{R}}{R^3} = \frac{\rho(\vec{r}')\Delta V' (\vec{r} - \vec{r}')}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r} - \vec{r}'|^3}$$

$$\vec{E}(\vec{r}) = \sum_{\Delta q} \Delta \vec{E}_{\Delta q} = \sum_{\Delta V'} \frac{\rho(\vec{r}') (\vec{r} - \vec{r}')}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r} - \vec{r}'|^3} \Delta V'$$

при $\Delta V' \rightarrow 0$

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \rho(\vec{r}') dV'$$

В случае распределения зарядов на поверхности S и на участке линии L для напряженности электрического поля имеем

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \sigma(\vec{r}') dS'$$

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \gamma(\vec{r}') dl'$$