

Закон на Кулон.

Лектор: проф. д-р Т. Йовчева

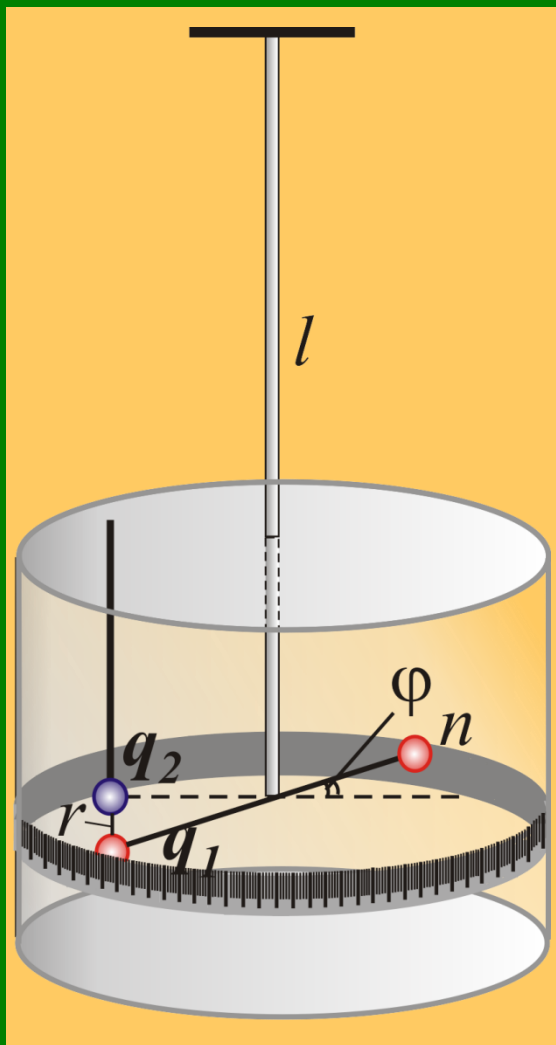


Точков електричен заряд

- Електричните сили на взаимодействие между наелектризираните тела зависят от техните размери и форма.
- Когато размерите на тялото са много по-малки от разстоянието до другите заредени тела, то електричната сила вече не зависи от размера и формата на тялото.
- В този случай, зарядът е съсредоточен в една точка, т.е. разглеждаме тялото като точков заряд.

Точков заряд е зарядът, съсредоточен на тяло, чиито размери са пренебрежимо малки в сравнение с разстоянията до други заредени тела, с които взаимодейства.

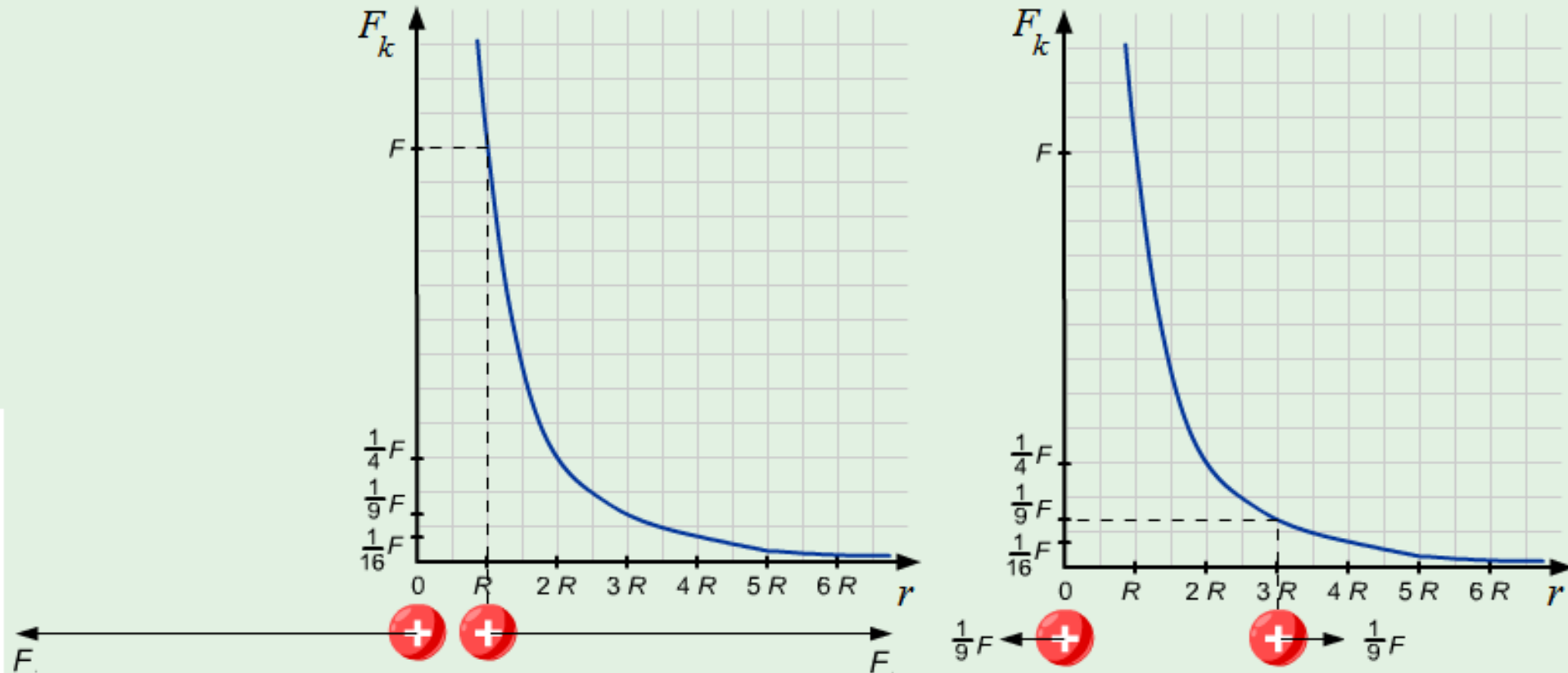
Опит на Кулон – 1785 г.



- Кулон изследва взаимодействието между неподвижни наелектризирани тела с помощта на торзионна везна.
- В краищата на изолаторна пръчка се поставят 2 еднакви метални топчета: едното – неутрално n , другото – наелектризирано със заряд q_1 .
- В близост до q_1 се поставя друго, неподвижно закрепено топче, наелектризирано със заряд q_2 .
- Пръчката се окачва на тънка нишка l .
- По ъгъла на усукване на нишката φ се определя големината на действащата сила.
- За изолиране от въздушни течения везната се поставя в стъкленница.

Първи опит на Кулон

При постоянна големина на двата заряда q_1 и q_2 , Кулон изменя разстоянието r между тях. Установява, че електростатичната сила зависи обратно пропорционална на квадрата на разстоянието между центровете на топчетата: $F \sim 1/r^2$.



Втори опит на Кулон

- При постоянно разстояние r , изменяйки големината на първия заряд q_1 установява, че силата е пропорционална на неговата големина: $F \sim q_1$.
- Изменяйки големината на втория заряд q_2 установява, че силата е пропорционална на неговата големина: $F \sim q_2$.
- Така Кулон установява, че силата на взаимодействие между две заредени тела е правопрпорционална на произведението на техните заряди: $F \sim q_1 \cdot q_2$

$$F = 58 \text{ N}$$

$$Q = 40 \times 10^{-4} \text{ C}$$

$$r = 50 \text{ m}$$



$$F = 232 \text{ N}$$

$$Q = 80 \times 10^{-4} \text{ C}$$

$$r = 50 \text{ m}$$



Ако зарядите на двете тела са равни и нарастват 2 пъти, то кулоновата сила ще нарасне четири пъти.

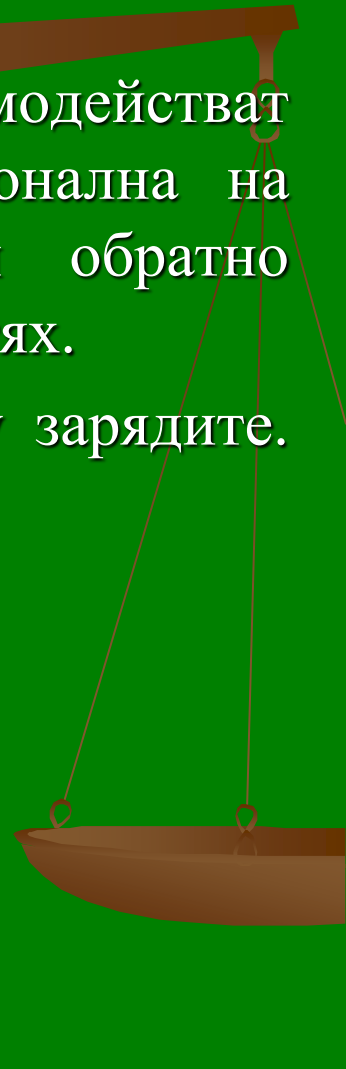
Закон на Кулон

- Той е основен опитен резултат, върху който е изградена цялата електростатика. Това е закон за силите на взаимодействие между два точкови заряда.
- Два неподвижни електрични точкови заряда си взаимодействат (отблъскват или привличат) със сила, пропорционална на произведението от големините на зарядите и обратно пропорционална на квадрата на разстоянието между тях.

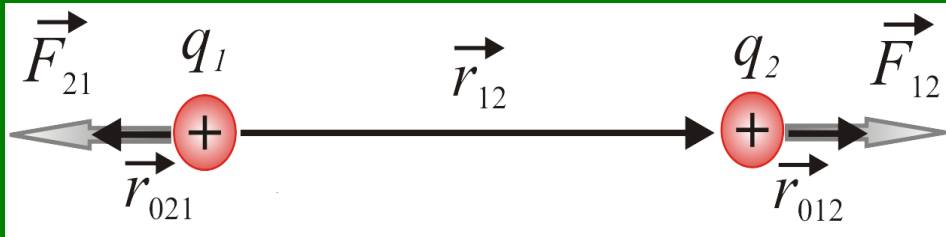
Силата е насочена по съединителната права между зарядите.
Големината на силата е:

$$F_{12} = \pm k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,988 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$



Закон на Кулон за случай на два положителни заряда.

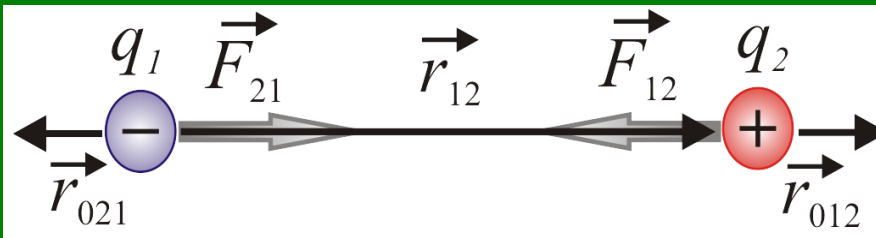


Във векторна форма:

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \cdot \vec{r}_{012}$$

- \vec{F}_{12} - силата, с която q_1 действа на заряд q_2 ,
- \vec{r}_{012} - единичен вектор насочен от q_1 към q_2 ,
- \vec{F}_{21} - силата, с която q_2 действа на заряд q_1 ,
- \vec{r}_{021} - единичен вектор насочен от q_2 към q_1 ,
- r_{12} - разстоянието между q_1 и q_2 .

Закон на Кулон за случай на два разноименни заряда.



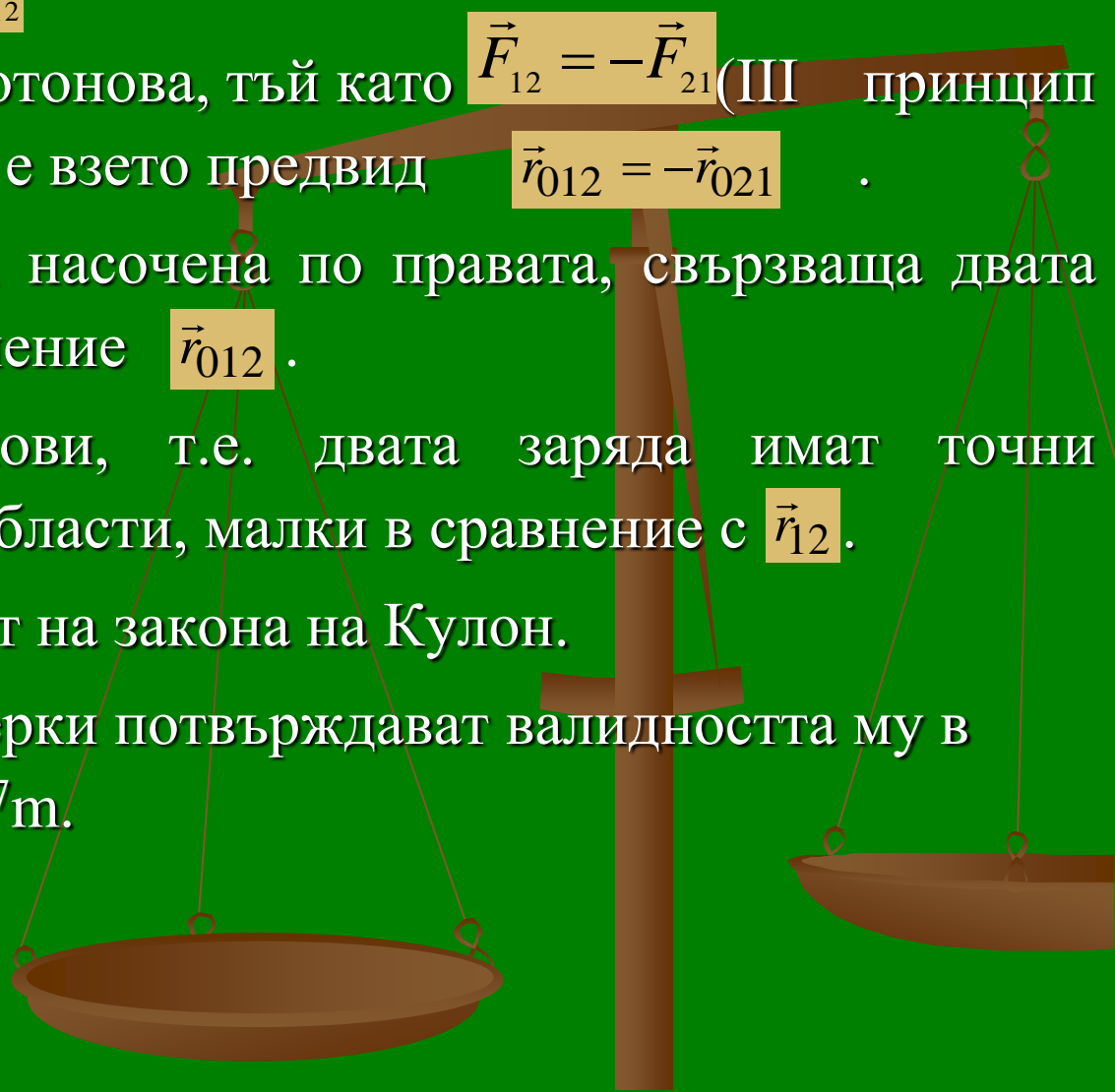
Във векторна форма:

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \cdot \vec{r}_{012}$$

- \vec{F}_{12} - силата, с която q_1 действа на заряд q_2 ,
- \vec{r}_{012} - единичен вектор насочен от q_1 към q_2 ,
- \vec{F}_{21} - силата, с която q_2 действа на заряд q_1 ,
- \vec{r}_{021} - единичен вектор насочен от q_2 към q_1 ,
- r_{12} - разстоянието между q_1 и q_2 .

Анализ на закона на Кулон

- 1) Едноименните заряди се отблъскват, а разноименните се привличат: $\vec{F}_{12} = \pm A\vec{r}_{012}$
- 2) Кулоновата сила е нютонова, тъй като $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ (III принцип на Механиката), където е взето предвид $\vec{r}_{012} = -\vec{r}_{021}$.
- 3) Силата е централна, насочена по правата, свързваща двата заряда, т.к. е по направление \vec{r}_{012} .
- 4) Зарядите са точкови, т.е. двата заряда имат точни координати, заемайки области, малки в сравнение с \vec{r}_{12} .
- 5) Граници на валидност на закона на Кулон.
Експериментални проверки потвърждават валидността му в граници от 10^{-15}m до 10^7m .



Принцип за суперпозиция на силите.

Експериментално се стига до принципа за суперпозиция на силите и този принцип се съдържа в закона на Кулон.

Силата на взаимодействие между два точкови заряда не се променя в присъствието на други заряди.

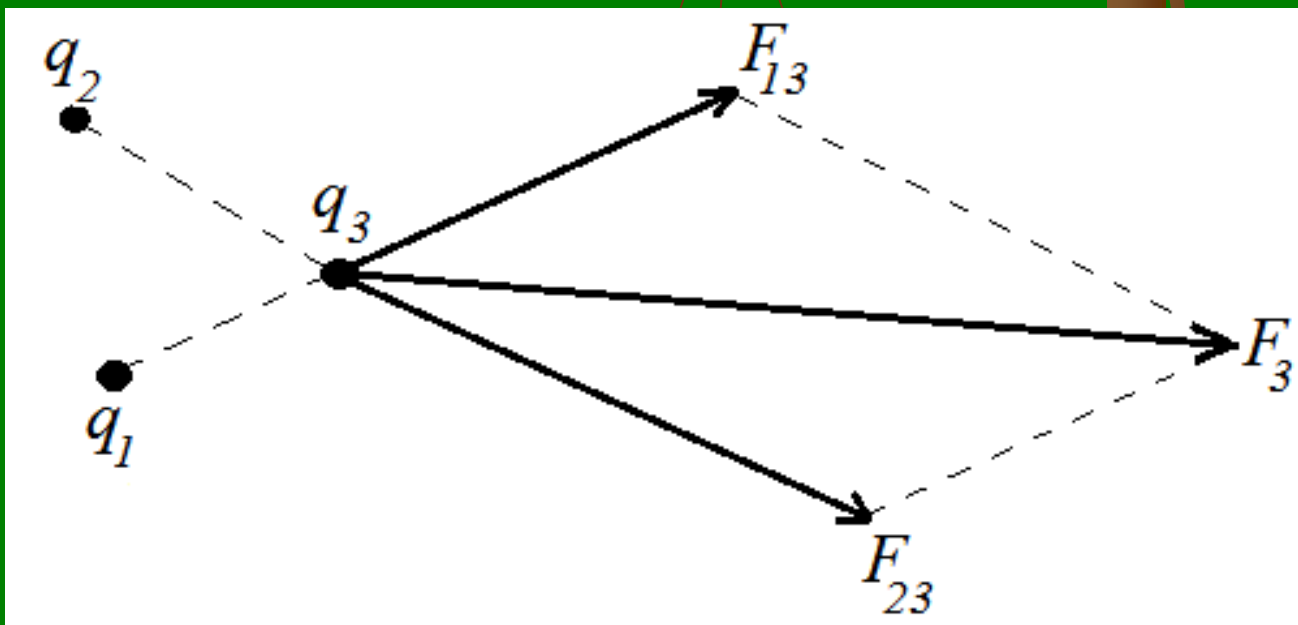
Математически, за n на брой заряди, принципът се записва така:

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

Принцип за суперпозиция на силите.

Пълната сила F_3 , с която q_1 и q_2 действат на q_3 , е векторна сума от силата F_{13} , с която q_1 действа на q_3 при отсъствие на q_2 и силата F_{23} , с която q_2 действа на q_3 при отсъствие на q_1 .

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$$



Принцип за суперпозиция на силите.

- В случай на тела с определени размери и с непрекъснато разпределение на заряда, тялото се разделя на множество безкрайно малки елементи dq , така че зарядът на всеки елемент да може да се разглежда като точков.
- Тогава силата на взаимодействие между даден точков заряд и зарядът на всеки елемент може да се изрази чрез закона на Кулон:

$$d\vec{F} = k \frac{q_0 dq}{r^2} \cdot \vec{r}_0, \quad dq = \tau \cdot dl, \quad \tau - \text{линейна плътност на заряда}$$

- Пълната сила на взаимодействие между точковия заряд и зареденото тяло се получава чрез интегриране:

$$\vec{F} = \int d\vec{F}$$