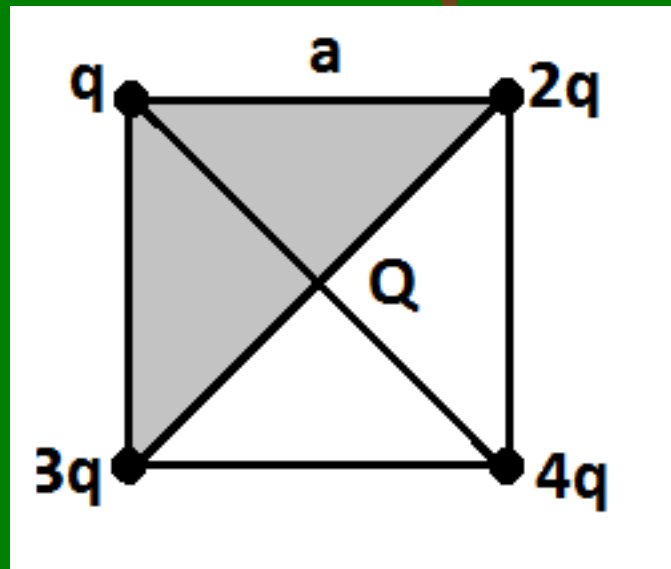


Закон на Кулон.

Лектор: Доц. д-р Т. Йовчева



1 зад. Във върховете на квадрат със страна a са разположени положителни точкови заряди $q, 2q, 3q, 4q$. На пресечната точка на диагоналите се намира заряд Q . Определете силите, които действат на заряда q ?



$$F_1 = k \frac{2q^2}{a^2}$$

$$F_2 = k \frac{3q^2}{a^2}$$

$$F_3 = k \frac{2qQ}{a^2}$$

$$F_4 = k \frac{2q^2}{a^2}$$

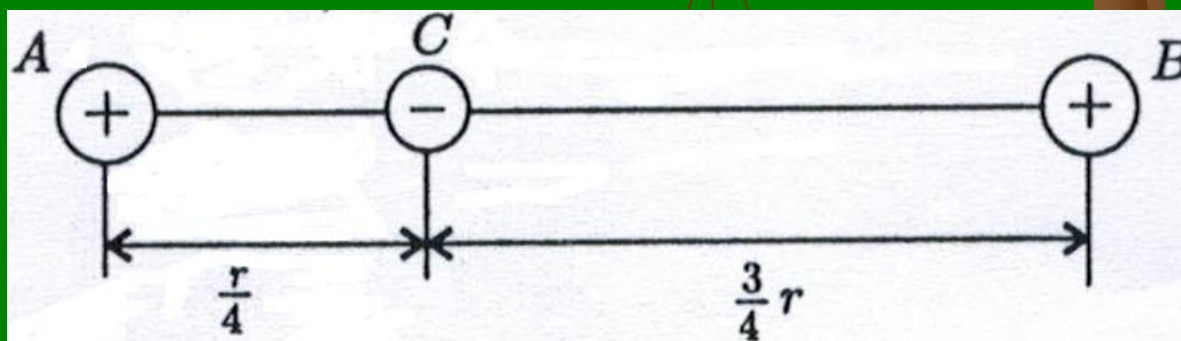
2 зад. Два точкови заряда се привличат със сила 1 N. Как трябва да се измени разстоянието между зарядите, за да стане силата 16 N?

Отг. Разстоянието трябва да намалее 4 пъти.

$$r_2 = r_1 / 4$$



3 зад. Два еднакви по-големина точкови заряди А и В взаимодействат със заряд С. Определете силите на взаимодействие на зарядите А и В със заряда С и изразете отношението им $F_{AC} : F_{BC}$?



$$F_{AC} = k \frac{16q^2}{r^2}$$

$$F_{BC} = k \frac{16q^2}{9r^2}$$

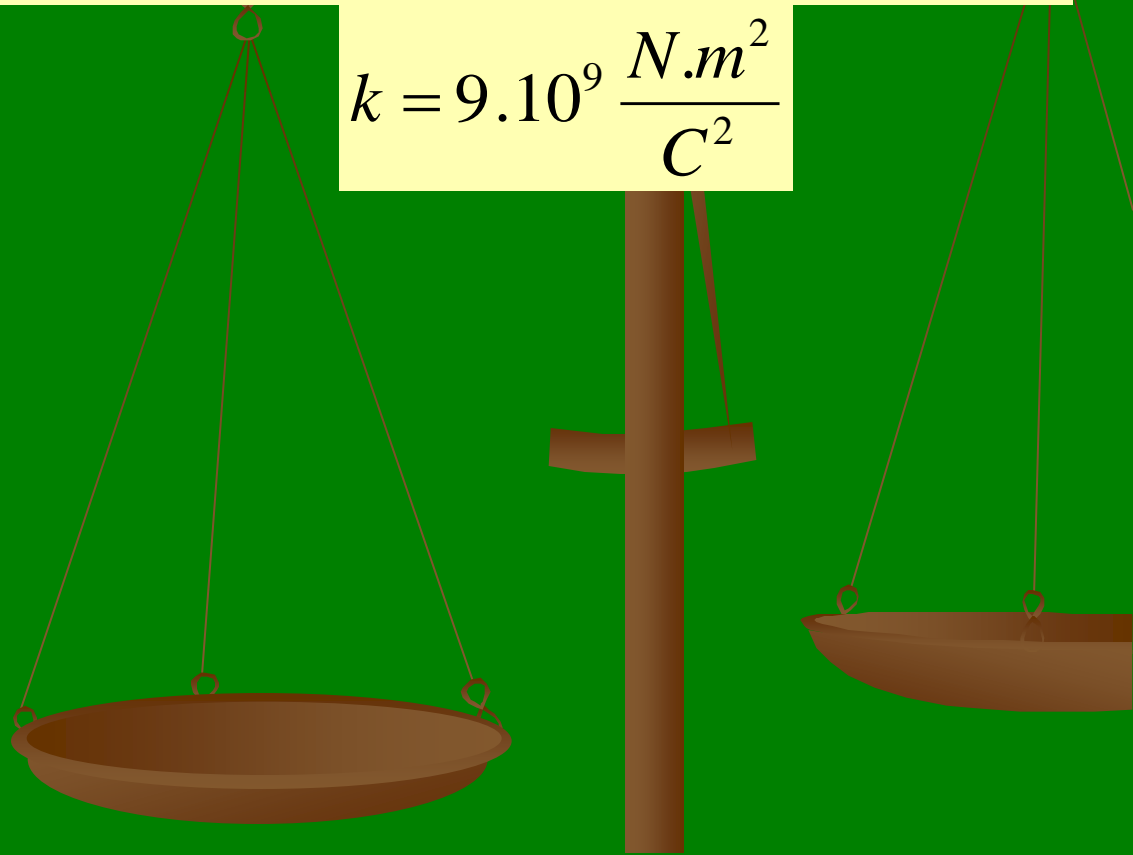
$$\frac{F_{AC}}{F_{BC}} = 9$$

4 зад. Две еднакви метални топчета със заряди $q_1 = 6 \times 10^{-8} \text{ C}$ и $q_2 = -2 \times 10^{-8} \text{ C}$ се допират едно до друго, след което се отдалечават на разстояние $r = 2 \text{ cm}$. Определете силата на взаимодействие на топчетата.

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

$$F = k \frac{q^2}{r^2} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

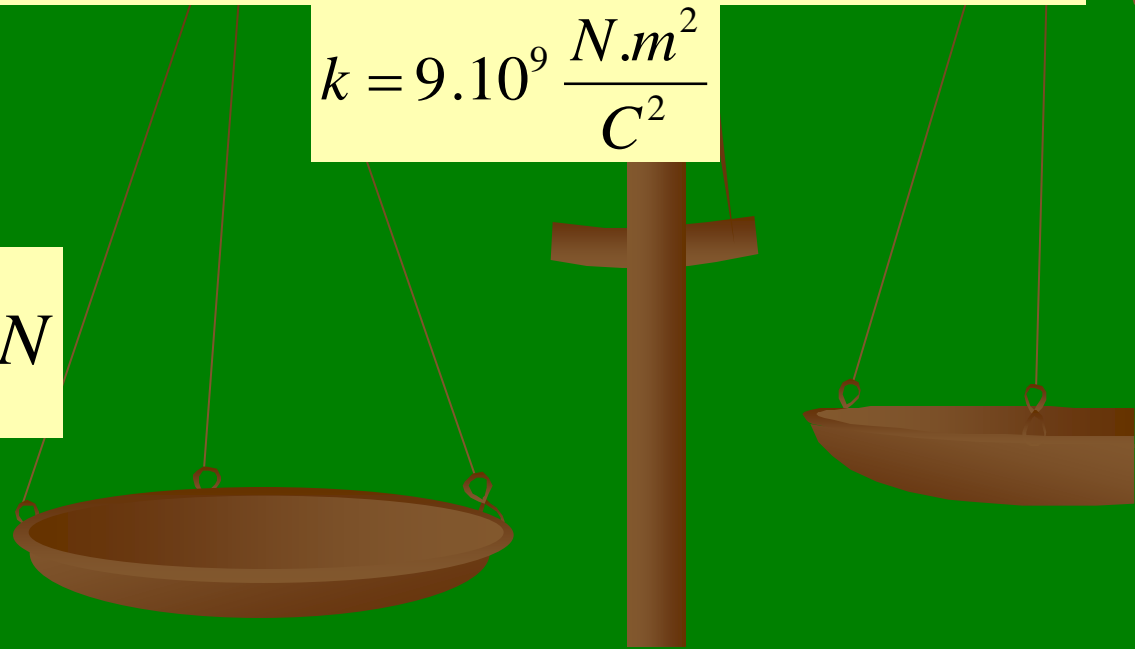
$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$



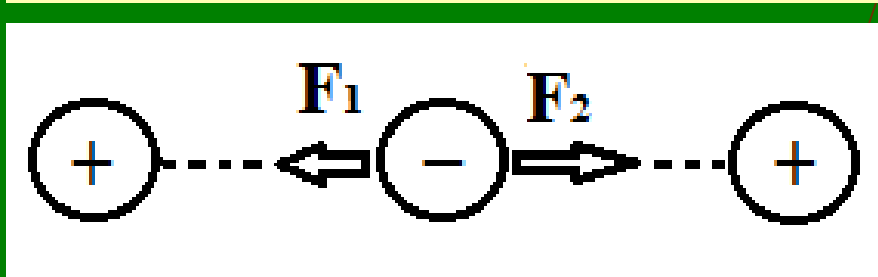
5 зад. При деленето на урана в ядрените реактори се получават две ядра, едното от които съдържа 56 протона ($q_1 = 56e$), а другото 36 протона ($q_2 = 36e$). Определете кулоновата сила, с която се отблъскват тези ядра преди да се отдалечат едно от друго, ако разстоянието между центровете им е $r = 2 \times 10^{-14}$ m.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \approx 1,16 \text{ kN}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$



6 зад. Два положителни точкови заряда с голедини съответно $q_1=2 \mu\text{C}$ и $q_2=4 \mu\text{C}$ се намират на разстояние $2r=0.2 \text{ m}$ един от друг. В средата на отсечката, която ги свързва, е поставен отрицателен заряд $q_3=1 \mu\text{C}$. Пресметнете електричната сила, действаща на средния заряд q_3 .



$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

$$F_1 = k \frac{q_1 q_3}{r^2} = 1.8 \text{ N}$$

$$F_2 = k \frac{q_2 q_3}{r^2} = 3.6 \text{ N}$$

$$F = F_2 - F_1 = 1.8 \text{ N}$$

7 зад. Пресметнете силата на привличане между два разноименни точкови заряда с големина $q_1 = q_2 = 1 \text{ C}$, които се намират на разстояние $r = 1 \text{ m}$ един от друг. Сравнете тази сила със силата на тежестта G , действаща на слон с маса $m = 3000 \text{ kg}$. Земното ускорение приемете за $g = 10 \text{ m/s}^2$.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N}$$

$$G = mg = 3 \cdot 10^4 \text{ N}$$

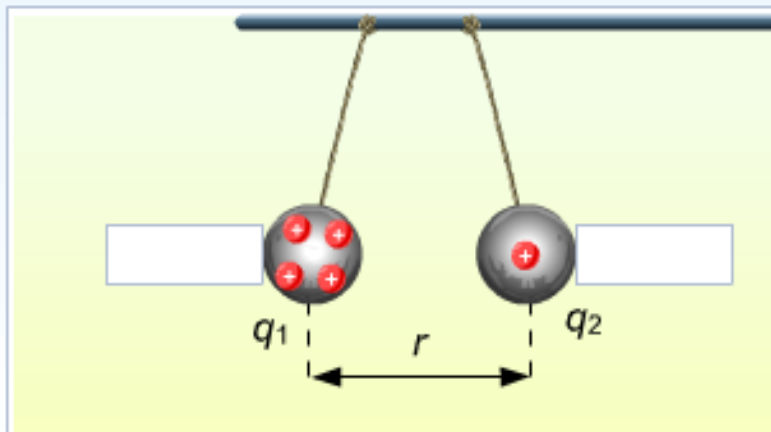
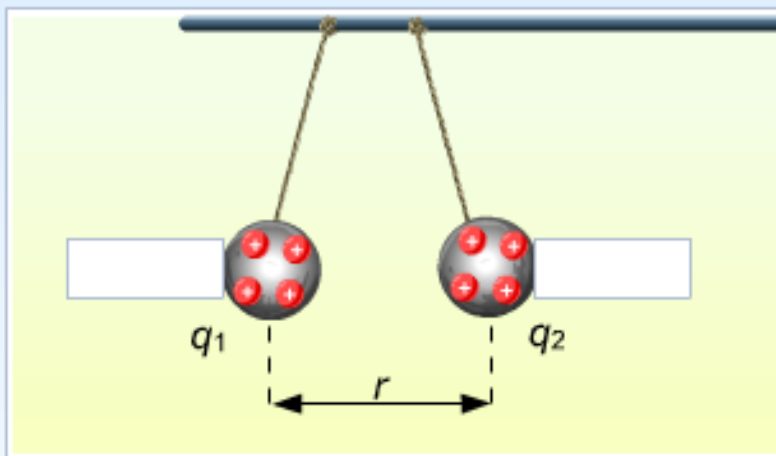
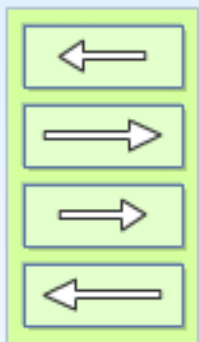
$$F = 3 \times 10^5 G$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

Двата заряда се привличат със сила, равна по големина на силата, с която Земята привлича 300 000 слона. Задачата показва, че 1 C е много голям заряд.

Телата, които наелектризираме чрез триене, получават много по-малък заряд, от порядъка на μC .

8 зад. Поставете векторите на силите на правилните места на илюстрациите. Определете зависимостта между силите в двете илюстрации: F_1 (в първата илюстрация) и F_2 (във втората илюстрация).



$$F_1 = F_2$$



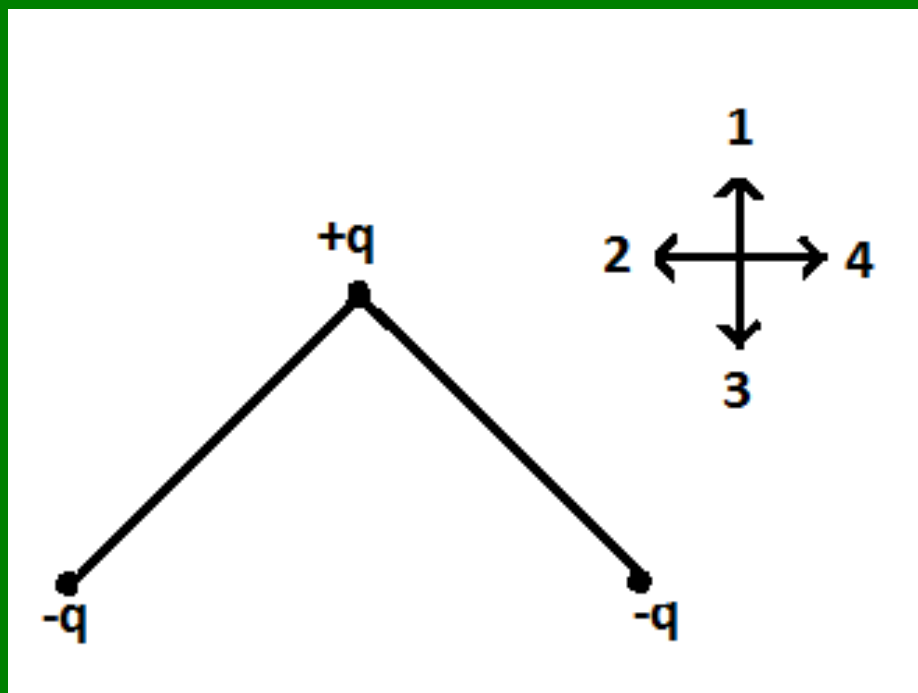
$$F_1 < F_2$$



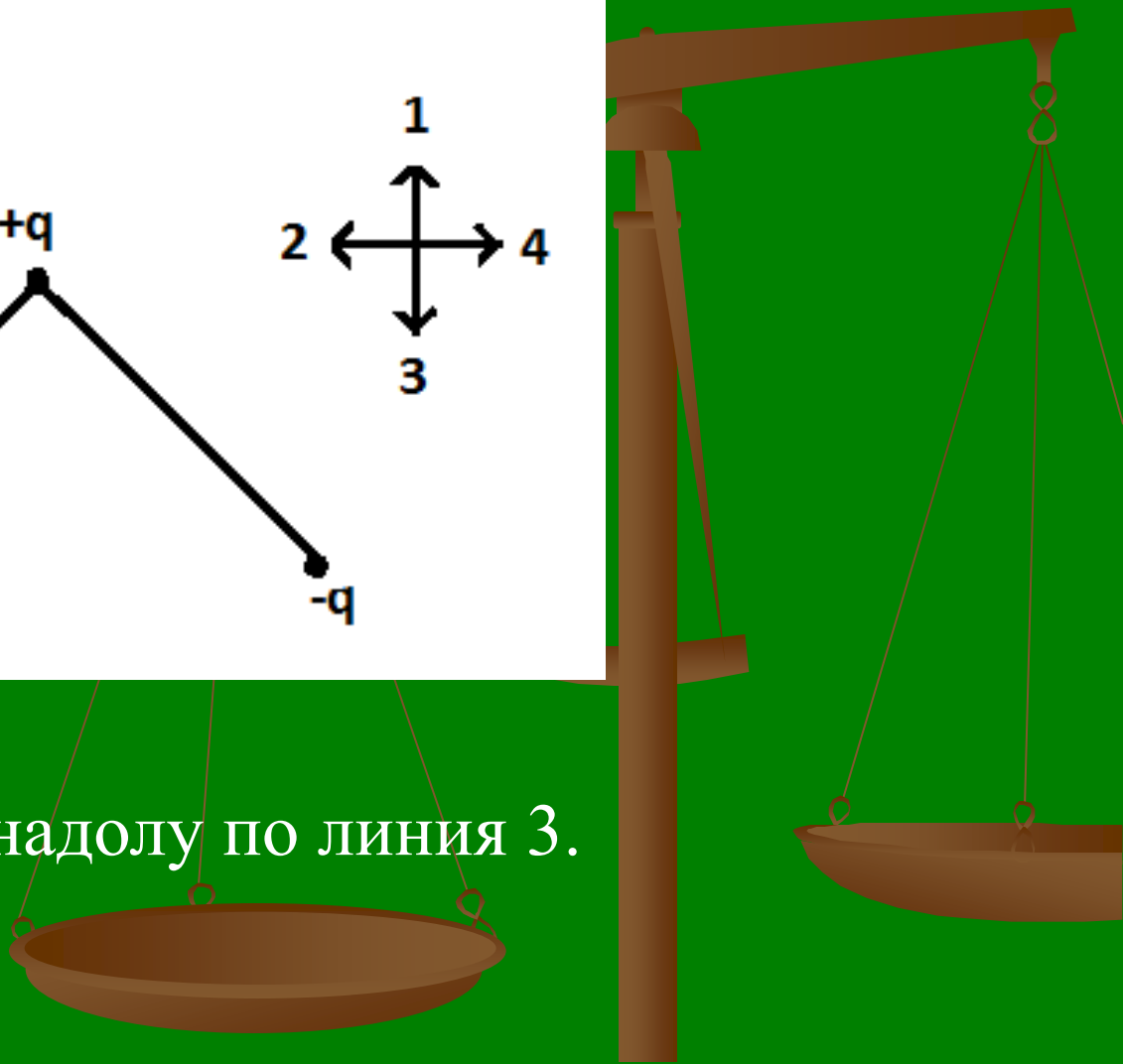
$$F_1 > F_2$$



9 зад. Определете посоката на електричната сила, която действа на точковия заряд $+q$.

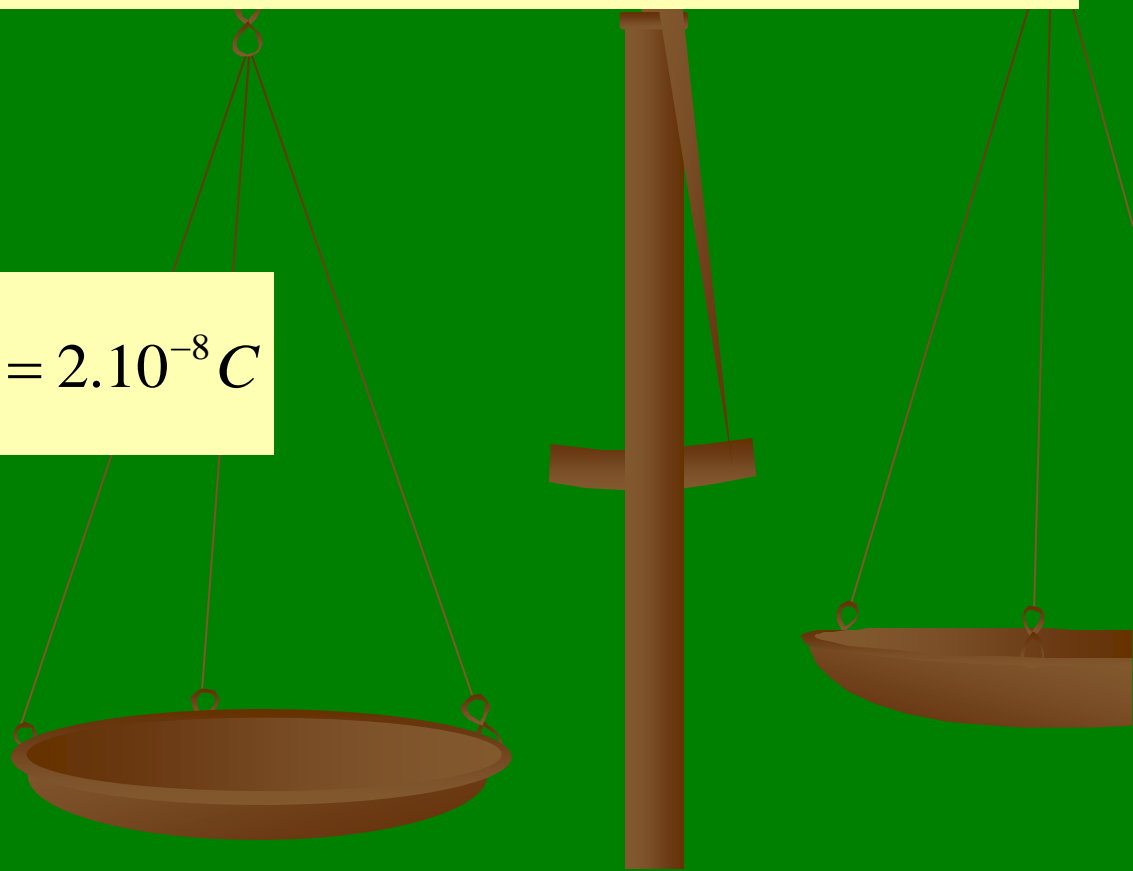


Посоката на силата е надолу по линия 3.



10 зад. Две наелектризирани малки топчета с еднакви заряди $q_1 = q_2 = q$ се отблъскват със сила $F = 9 \times 10^{-3}$ N. Разстоянието между топчетата е $r = 2$ cm. Колко кулона е зарядът q ?

$$q = r \sqrt{\frac{F}{k}} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$



11 зад. Две еднакви малки метални топчета – едното с положителен заряд $q_1 = 4 \times 10^{-8}$ С, а другото с неизвестен заряд q_2 , си взаимодействат с електростатични сили на привличане. Двете топчета се допират и отново се отдалечават на същото разстояние. Оказва се, че сега те се отблъскват със сила, която е 8 пъти по-малка от силата на привличане преди допирането. Определете големината и знака на заряда q_2 .

Преди допир $F = k \frac{q_1(-q_2)}{r^2}$

След допир $\frac{F}{8} = k \frac{\left(\frac{q_1 + q_2}{2}\right)^2}{r^2}$

$$q_1^2 + \frac{5}{2} q_1 q_2 + q_2^2 = 0$$

$$q_2 = -2q_1 = -8 \cdot 10^{-8} \text{ С}$$

или

$$q_2 = -\frac{q_1}{2} = -2 \cdot 10^{-8} \text{ С}$$

12 зад. Заредено малко метално топче А се допира до също такава, но незаредено топче В, след което топчетата се поставят на разстояние 10 cm едно от друго. Електричната сила, с която А действа на В при това разстояние, има големина $F = 9 \times 10^{-3}$ N. Колко е бил началният заряд на А?

$$q = r \sqrt{\frac{F}{k}} = 10 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^9}} = 10 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-6} = 10 \cdot 10^{-8} = 0.1 \mu\text{C}$$

$$q = 0.2 \mu\text{C}$$

13 зад. Две отрицателно заредени пращинки се намират във въздух на разстояние $r=2$ mm една от друга. Те се отблъскват със сила $F=9\times 10^{-5}$ N. Намерете броя на некомпенсираните електрони във всяка пращинка, ако техните електрични заряди са еднакви.

$$q = r \sqrt{\frac{F}{k}} = 2 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{-5}}{9 \cdot 10^9}} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-7} = 2 \cdot 10^{-10} = 0.2 \text{ nC}$$

$$n = \frac{q}{e} = \frac{0,2 \cdot 10^{-9}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,125 \cdot 10^{10}$$

14 зад. Две наелектризирани топчета със заряди $q_1=9 \times 10^{-7}$ С и $q_2=4 \times 10^{-8}$ С са свързани с диелектрична нишка. В даден момент нишката се скъсва. Определете ускорението a на второто топче, което има маса $m_2=9 \times 10^{-4}$ kg, непосредствено след скъсването на нишката. Топчетата си взаимодействат като точкови заряди и се намират на разстояние $r=6$ cm едно от друго.

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

$$F = m_2 a$$

$$k \frac{q_1 q_2}{r^2} = m_2 a$$

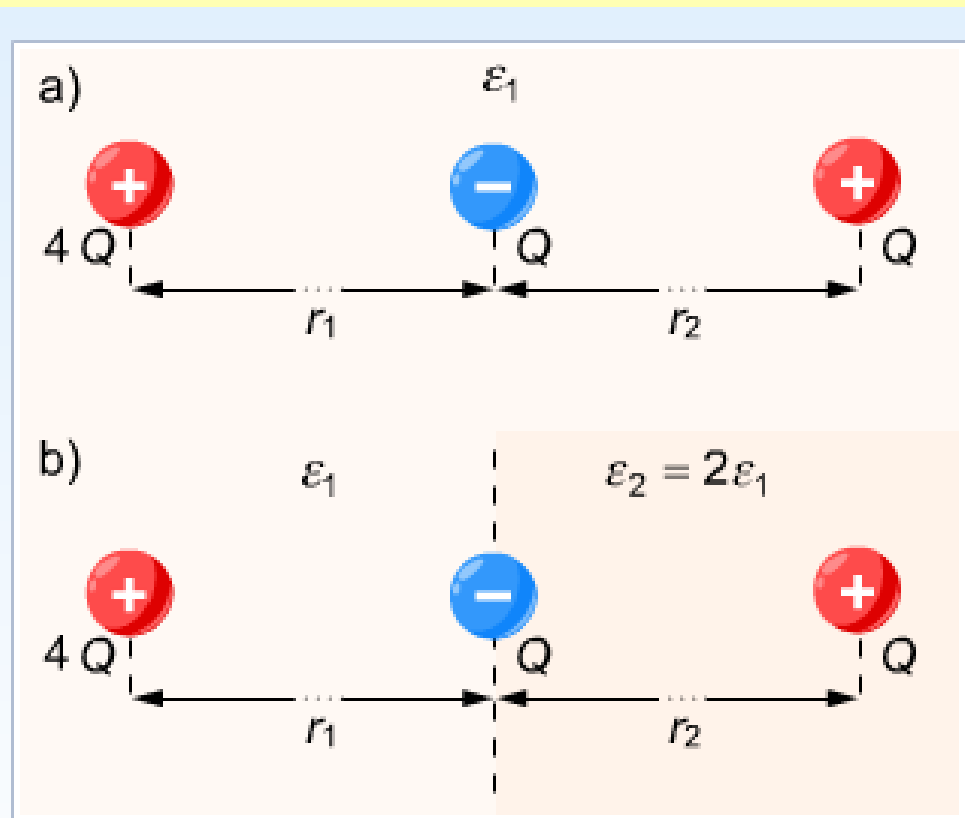
$$a = k \frac{q_1 q_2}{m_2 r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 9 \cdot 10^{-7} \cdot 4 \cdot 10^{-8}}{9 \cdot 10^{-4} (6 \cdot 10^{-2})^2} = 100 \text{ m/s}^2$$

15 зад. Пресметнете силите на взаимодействие между зарядите и определете отношението на разстоянията r_1 и r_2 :
 а) в случая, когато системата е поставена в среда с диелектрична проницаемост ε_1 - подточка а от фигурата;
 б) в случая, когато системата частично е поставена в среда с удвоена диелектрична проницаемост ($\varepsilon_2 = 2\varepsilon_1$) - подточка б от фигурата.

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_1} \frac{4Q^2}{r_1^2}$$

$$F_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_1} \frac{Q^2}{r_2^2}$$

$$F_1 = F_2 \quad \frac{r_1}{r_2} = 2$$



16 зад. Атомното ядро на желязото има радиус $r = 4 \times 10^{-15}$ m и съдържа 26 протона. Пресметнете електричната сила на отблъскване между два протона, които се намират на разстояние $r = 4 \times 10^{-15}$ m един от друг, и сравнете тази сила със силата на гравитационно привличане между същите два протона. Какъв извод за електричните, гравитационните и ядрените сили може да се направи от получените резултати?

$$F_{ел} = k \frac{e^2}{r^2} \approx 14 N$$

$$F_{гр} = \gamma \frac{m_p^2}{r^2} \approx 1,2 \cdot 10^{-35} N$$

При наличието на такива колосални сили на кулоново отблъскване между протоните съществуването на атомни ядра, съдържащи повече от един протон, щеше да е невъзможно, ако не действаха ядрени сили на привличане. Те са по-големи от електричните и действат на малки разстояния – в атомното ядро.