

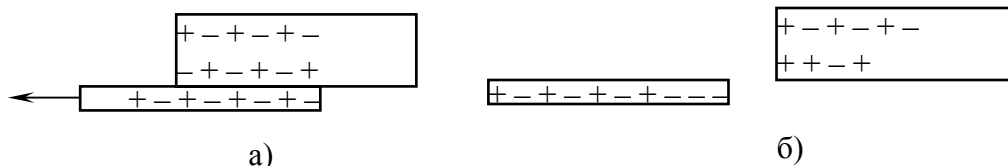
## Електростатично поле. Електрични заряди. Закон за запазване на електричния заряд. Електрични сили. Точков заряд. Закон на Кулон за взаимодействие на неподвижни заряди. Линейна, повърхнинна и обемна плътност на заряди

### Електростатично поле. Електрични заряди. Закон за запазване на електричния заряд

Електричните и магнитни свойства на веществата са били известни още от дълбока древност. Тяхното систематично изучаване обаче, е започнало в началото на 17 век (1 въпрос). Действието на наелектризираните и намагнитени тела се открива не само при непосредствен допир, а и от разстояние. Затова е направено предположението, че около такива тела съществува някаква невеществена субстанция, наречена по-късно поле. Около наелектризираните тела се създава електрично поле, а около намагнитените – магнитно. Чрез тези полета те взаимодействат с други тела.

Първо ще изучим свойствата на електричното поле. Ще разгледаме най-простия случай когато наелектризираните тела са неподвижни. **Полето, което съществува около неподвижни наелектризираните (заредени) тела наричаме електростатично.** След систематичното изучаване на електричните явления се оказало, че наелектризираните тела притежават една допълнителна характеристика, наречена електричен заряд. Опитно е установено, че електричните заряди са два вида, които условно са наречени положителен и отрицателен. Сега вече знаем, че електричния заряд не е характеристика на самото тяло, а на частиците, които го изграждат. Според съвременните ни представи всички тела са изградени от атоми и молекули (15 въпрос). Оказва се, че носителите на електричния заряд са частиците, които изграждат атомите – електроните имат отрицателен заряд, а протоните (частици изграждащи ядрата на атомите) – положителен. Установено е също, че зарядът на протоните и електроните е еднакъв по големина и е най-малкият заряд, който може да притежава едно тяло. Тази стойност е една от универсалните константи –  $e=1.6 \times 10^{-19}$  С. Кулонът [С] е единица за електричен заряд, чиято връзка с основните единици в SI ще покажем по-късно. Електричният заряд е адитивна величина – зарядът на едно тяло е алгебрична сума на зарядите на отделните частици, които го изграждат. Ако броят на протоните е равен на броя на електроните, тогава общият заряд ще бъде равен на нула и казваме, че тялото (системата) е електронеутрално. Такива системи са атомите – в тях броят на протоните в ядрото е равен на броя на електроните в електронната обвивка. Опитно е установен и друг факт, който се оказва универсален закон – закона за запазване на електричния заряд. Той гласи, че **електричният заряд на една затворена система не се променя с времето.** Това означава, че ако искаме да променим заряда на едно тяло (система), трябва чрез действието на външни сили да внесем заредени частици (напр. протони или електрони) в нея или съответно да ѝ отнемем заредени частици. Тук трябва да отбележим, че при традиционните методи на наелектризиране на телата (напр. при триене или удар) можем да променяме само броя на електроните, но не и на протоните, тъй като те са свързани здраво в ядрото и трябва много по-голяма енергия за да ги откъснем. Трябва да отбележим също, че при наелектризиране на телата (напр. чрез триене) ние не

създаваме електричен заряд, а само преразпределяме електрони между двете тела (фиг. 1) – тялото, върху което са останали повече електрони от протоните е



фиг. 1

наелектризирано отрицателно (ако преди това е било електронеутрално), а другото, от което сме отнели електрони, е наелектризирано положително (също ако преди това е било електронеутрално). За затворената система от двете тела на фиг. 1 обаче е изпълнен законът за запазване на електричния заряд – алгебричната сума от зарядите на двете тела не се е променила.

### Електрични сили. Точков заряд. Закон на Кулон за взаимодействие на неподвижни заряди

Както казахме по-горе, наелектризираните тела влияят на околните тела чрез електричното поле, което създават около себе си. Следователно те действат на околните тела с някакви сили. Тези сили наричаме електрични (в случай на неподвижни заряди – електростатични). За изучаване на тези сили ще трябва да си изберем подходящ модел. Оказва се, че най-подходящ е моделът на материална точка, използван в механиката, но на точката трябва да се припише и заряд. Това е моделът на точков заряд – **тяло, за което всички характеристики, освен електричния му заряд, са несъществени** (форма, размери, температура, плътност и др.). Силите на взаимодействие между два заряда може да бъдат сили на привличане, ако двата заряда са разноименни (фиг 2а) или сили на отблъскване, ако са едноименни (фиг.

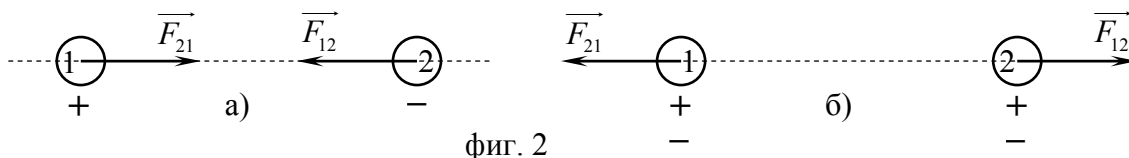
2б). Същественото и в двата случая обаче е това, че силите са насочени по правата, свързваща двата заряда. Експериментално големината на тези сили е определена от френския учен Кулон, а законът, на който се подчинява това взаимодействие, носи неговото име – закон на Кулон. Той гласи, че големината на силата на взаимодействие между два неподвижни точкови заряда е право пропорционална на големините на зарядите и обратно пропорционална на квадрата на разстоянието между тях:

$$F_{12} = F_{21} = F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}.$$

Коефициентът на пропорционалност  $k$  зависи от избраната система мерни единици. В система SI

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad \text{ако}$$

взаимодействието е във вакуум,  $\epsilon_0$  е друга универсална



фиг. 2

константа – диелектрична проницаемост на вакуума или електрична константа. Стойността ѝ е  $8.85 \times 10^{12} \text{ F/m}$ . Фарадът [F] е мерна единица за капацитет, с която ще се запознаем по-късно. Така, за силата на взаимодействие във вакуум, получаваме:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}.$$

Ако средата, в която се намират зарядите не е вакуум, силата на взаимодействие намалява. Това се отчита с въвеждането на друга (безразмерна) константа  $\epsilon$ , характерна за всяко вещество. Нарича се относителна диелектрична проницаемост на веществото (спрямо вакуума) и е число по-голямо от 1. За силата на взаимодействие във вещество с относителна диелектрична проницаемост  $\epsilon$  формулата придобива вида:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2},$$

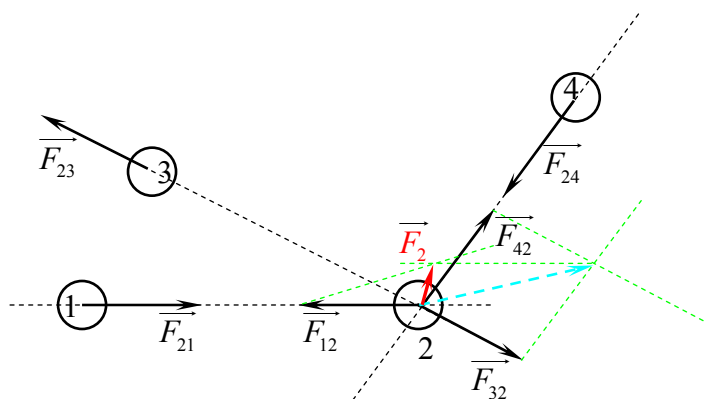
т.е. във вещество силата на взаимодействие намалява  $\epsilon$  пъти спрямо силата във вакуум.

Електричната сила също е векторна величина (както всяка друга сила) и за нея трябва да е валиден принципът на суперпозицията. Равнодействащата сила на един точков заряд е векторна сума от силите, с които си взаимодейства с всички останали заряди (фиг. 3), като силата на взаимодействие с всеки от тях се определя от закона на Кулон, независимо от присъствието на останалите заряди:

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

В дадения на фиг. 3 случай:

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} + \vec{F}_{42}.$$



фиг. 3

### Линейна, повърхнинна и обемна плътност на заряди

Законът на Кулон ни дава силата на взаимодействие между точкови заряди. Много често обаче ние имаме заряди, които не можем да приемем за точкови. Върху металните тела зарядите се разпределят повече или по-малко равномерно и ако ние поставим заряд (обикновено се нарича пробен заряд) близо до такова тяло, не можем да определяме силата, която му действа, по закона на Кулон. Например, ако имаме безкрайна (или много дълга) заредена метална нишка е трудно (а ако е безкрайна – невъзможно) да определим заряда върху нея. Тогава е удобно да работим с величина, която описва разпределението на заряда – в случая това е т.нар. линейна плътност  $\lambda$  на зарядите. Това е зарядът, разпределен на единица дължина от нишката:

$$\lambda = \frac{dq}{dl}.$$

Ако зарядът е разпределен върху повърхност, ще въведем повърхнинна плътност на зарядите  $\sigma$ :

$$\sigma = \frac{dq}{dS},$$

т.е зарядът, разпределен на единица площ, а ако е разпределен в даден обем – обемна плътност на зарядите  $\rho$ :

$$\rho = \frac{dq}{dV}$$

зарядът разпределен в единица обем.