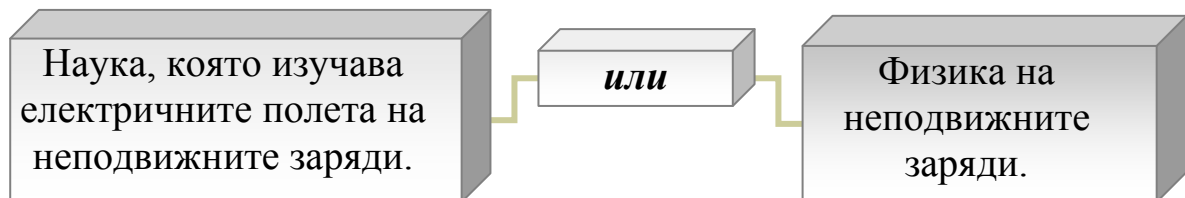


I. ЕЛЕКТРИЧНО ПОЛЕ ВЪВ ВАКУУМ

I.1. Електростатика.

Електричен заряд и неговите свойства.

I.1.1. Електростатика – определение



I.1.2. Взаимодействия между материалните обекти

Във физиката са известни четири вида взаимодействия между материалните обекти:

а) гравитационни – действат между тела с астрономически мащаби (Слънце, планети, звезди);

б) силни – действат между нуклеоните (градивните частици на ядрото). Действат на малки разстояния до 10^{-15} m. Вън от ядрото са равни на нула;

в) слаби – действат при ядрени реакции с участието на неутрино частици. Действат също на малки разстояния;

г) електромагнитни – действат в пространствени мащаби, свързани с мезосвета. Практически всички сили, обуславящи физичните явления в обкръжаващия ни свят, с изключение на гравитационните, са електромагнитни сили. Това определя изключителната важност на електромагнитните взаимодействия в природата и необходимостта от изучаването им.

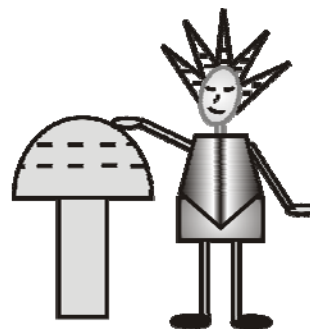
I.1.3. Електричен заряд – основни свойства

Съществуват различни начини за наелектризиране на телата - триене, контакт или индукция.

При триене на две незаредени тела, електрони от едното тяло преминават в другото и зарядите на телата става разноименни. Когато стъклена пръчка се натрива в копринен плат, електрони преминават от стъклото в коприната, в резултат на което стъклото се зарежда положително, а коприната - отрицателно.



При контакт на две тела, едното от които е заредено, неговият заряд се преразпределя между телата. Ако момиче се допре до зареден метален електрод, то част от заряда преминава в тялото на момичето, в резултат на което косата му се наелектризира.



При наелектризиране по индукция, заредено тяло се доближава до незаредено и в последното настъпва преразпределение на зарядите. Ако при сух въздух натрием в косата си гребен, той се наелектризира. След това гребенът може да привлича леки късчета хартия, поради индуцираните в тях заряди.



Още древногръцкият философ Талес описва как къс от кехлибар след натриване придобива свойството да привлича леки предмети – сламки или перушинки. Ако надут балон се натрие с парче от вълнен плат, той се привлича и прилепва към стената или тавана на стаята. Подобни прости опити демонстрират наличието на електрични сили и електрични заряди.

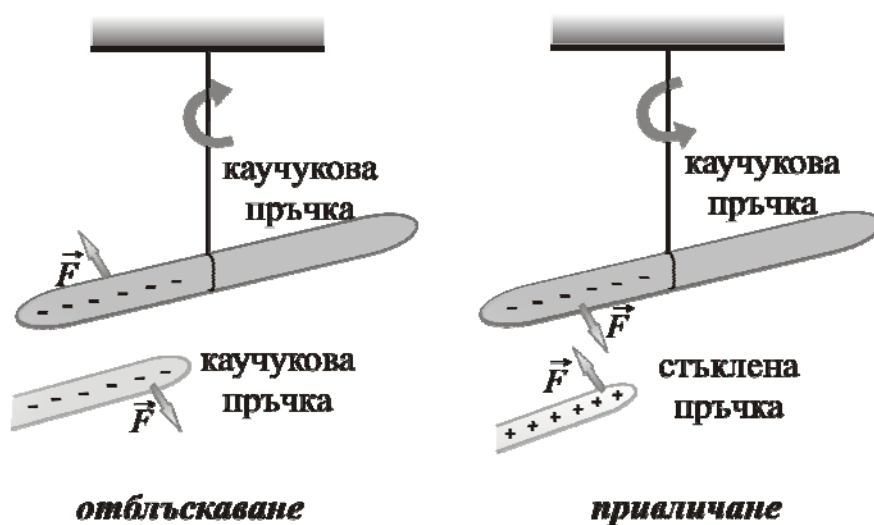
Електричният заряд е фундаментална физична величина, която характеризира вътрешно, присъщо свойство на електроните, протоните и други заредени частици и се въвежда за количествено характеризирани на електричните свойства на телата.

Въпреки че електричният заряд играе важна роля в електромагнитните взаимодействия, не е възможно точно да се дефинира тази физична величина. Затова ще бъдат разгледани основните свойства на електричния заряд.

а) положителен и отрицателен заряд

Фундаментално свойство на електричния заряд е съществуването му в две разновидности - положителен и отрицателен.

Установено е, че всички заряди от една разновидност (положителни или отрицателни) взаимно се *отблъскват*, а зарядите от две разновидности – се *привличат*.



Причината за съществуването на такова универсално свойство в детайли не е ясна. Съвременната физика предлага положителните и отрицателните заряди да се разглеждат като противоположни прояви на едно и също качество, така както „лявата” и „дясната” посока се разглеждат като противоположни прояви на свойството симетрия.

Свойството на едно тяло да съвпада само със себе си при извършването над него на определен вид симетрични операции, се нарича *симетрия*.

б) адитивност на заряда

Пълният заряд q на една изолирана система е алгебрична сума от отделните заряди, съставляващи тази система:

$$q = \sum_{k=1}^n q_k \quad (\text{I.1})$$

Равенство (I.1) изразява свойството *адитивност* на електричния заряд.

За разлика от електричния заряд масата не е адитивна и се наблюдава *масов дефект* Δm , т.е. съществува разлика в масите на нуклеоните в свързано и свободно състояние. При свързване на нуклеоните и образуване на ядро се отделя енергия ΔE :

$$\Delta E = \Delta m c^2,$$

$$\Delta m = Z(m_p + m_n) - M, \text{ като } M \neq Z \sum_k m_{k(n,p)},$$

където c - скорост на светлината във вакуум, Z - валентност, m_p - маса на един протон, m_n - маса на един неутрон, M - маса на ядрото.

Според уравнение (I.1) зарядът на ядрото е равен на заряда на нуклеоните преди да се образува ядрото, следователно няма „*зарядов дефект*”, както при масите.

в) закон за запазване на електричния заряд

Законът за запазване на електричния заряд (**ЗЗЗ**) е основен физичен закон, който е в сила както при наелектризирането на макроскопичните тела, така и в света на микрочастиците.

ЗЗЗ: В *изолирана система* пълният електричен заряд, равен на алгебричната сума от положителните и отрицателните заряди, намиращи се в системата, остава постоянен с течение на времето, независимо от процесите, протичащи в нея.

Изолираната система е физична система, през стените на която не се обменя вещество с околната среда.

В системата могат да се осъществят ядрени или химични реакции, както и излъчване или поглъщане на електромагнитно поле през стените на системата. Ако преминат γ – кванти в системата с вакуум, то ще се наблюдава създаване на двойка e^- (електрон) - e^+ (позитрон). Позитронът е елементарна частица, която е античастица на електрона - двете частици имат равен по големина, но противоположен по знак заряд. Следователно, преди и след взаимодействието на γ – кванта със системата, пълният заряд остава един и същ – винаги равен на нула.

Законът за запазване на заряда е проверен в многочислени точни експерименти. Той би се нарушил, ако зарядът на електрона (e^-) и на позитрона (e^+) се различават.

Пример:

При натриване на стъклена пръчка с парче кожа от пръчката се откъсват електрони и преминават в кожата. В резултат на това пръчката се наелектризира положително, което означава, че броят на протоните в нея е по-голям от броя на електроните. След като получи допълнителни електрони от пръчката, кожата се наелектризира отрицателно. Пръчката и кожата са пример за електрически изолирана система, т.е. система, която не обменя заредени частици с околната среда.

г) квантуване на заряда

Американският физик Робърт Миликен измерва с прецизен опит големината на най-малкия заряд в природата, известен като елементарен електричен заряд - e . Всеки електричен заряд в природата може да се представи като:

$$q = n e, \quad (I.2)$$

където $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \pm 10^{-21} \text{ C}$ е най-малкият заряд на електрона или протона, n е или броят електронни заряди в отрицателния заряд ($-q$) или броят протонни заряди, ако зарядът е положителен ($+q$).

Електронът и протонът са носителите на елементарния отрицателен и положителен заряд.

Зарядът на всяко заредено тяло е цяло число пъти кратен на елементарния електричен заряд на електрона – това се нарича **квантуване на заряда**.

Таблица 1. Заряд и маса на електрон, протон и неутрон

Частичка	Заряд, C	Маса, kg
електрон	$-1,602 \cdot 10^{-19}$	$9,109 \cdot 10^{-31}$
протон	$+1,602 \cdot 10^{-19}$	$1,672 \cdot 10^{-27}$
неутрон	0	$1,674 \cdot 10^{-27}$

д) релативистичен инвариант на електричния заряд

Експериментите показват, че пълният заряд на изолирана система не зависи от скоростта на движение на системата. Следователно, наблюдатели, намиращи се в различни отправни системи, ще измерят една и съща стойност за даден заряд q . Това означава, че пълният заряд на изолирана система е **релативистично инвариантен**.

От специалната теория на относителността, масата на движеща се със скорост v заредена частица е:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (I.3)$$

където m_0 - маса на частицата в покой.

Експериментите по измерване на специфичния заряд на електрона e/m показват, че той намалява с нарастване на скоростта:

$$\frac{e}{m} = \frac{e}{m_0} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (I.4)$$

С изменението на скоростта v се изменя масата m , а не зарядът e .

е) мерна единица за електричен заряд

Мерната единица за електричния заряд е Кулон (С). Тя е производна единица, защото се определя чрез единицата за големина на електричния ток. Един Кулон (1С) е електричен заряд, преминаващ през напречното сечение на проводника при големина на тока 1 А (ампер) за време 1 s (секунда):

$$1\text{C} = 1\text{A} \cdot 1\text{s} .$$