

Д-р инж. Спас Димитров



София 2021

Разгледано е електромагнитното поле, посредством което в класическата физика се осъществява електромагнитно взаимодействие на електрическите заряди - фундаментално физическо взаимодействие, проявяващо се не само в електромагнитните явления, но и в редица други явления и процеси. В основата на теорията са залегнали уравненията на Максвел, които дават математически строго и пълно описание на всички известни в природата явления на електромагнетизма.

Известно е, че уравненията на електромагнетизма на Максвел не се изучават в училище, тъй като за тяхната формулировка е необходима достатъчно сложна математика от теория на полетата.

Теорията на електромагнитното поле е разработотена въз основа на теорията на електрическото и магнитно поле.

Включени са въпросите от теорията на електромагнитните вълни и тяхното разпространение.

Книгата е предназначена за радиолюбители за които се изисква математическа подготовка от средното образование.

ОСНОВИ НА ЕЛЕКТРОДИНАМИКАТА

Спас Димитров Димитров, д-р инж.

София, 2021 г.

Предговор

В системата от организационни форми на обучение важно място заема извънкласната и извънучилищната работа на учениците. Рационалното организиране и провеждане на уроците и останалите училищни занятия с учениците позволява значително да се облекчи тяхната домашна самостоятелна работа, да се преодолява претовареността им, да им се предостави по-голяма възможност да използват свободното си време за разностранно удовлетворяване на своите интереси и потребности. Между работата в клас и извънкласната дейност съществува тясна връзка и приемственост.

Извънкласните форми на обучение обхващат индивидуалната работа на учениците, кръжоците, ученическите школи и дружества, груповите занятия с променящ се състав на учениците, занятията по интереси, а също и масовите (колективните) изяви.

По-рано се смяташе, че кръжоците и другите групови занятия не са типична извънкласна организационна форма на обучение за малките ученици. През последните десетилетия обаче започна да се обръща все по-голямо внимание на кръжочната работа, на занятията по интереси в началните класове. Във връзка с хуманизацията и демократизацията на учебно-възпитателния процес и на училищния живот се засили интересът към работата на различните кръжоци и други групови занятия: сърчни ръце, изобразително изкуство, музика и др. Участието на учениците в тези форми на работа е напълно доброволно и допринася за задоволяване на техни по-специални интереси, които постепенно започват да се формират.

Сред работата на различни кръжоци място може да намери и радиолюбителството. Радиолюбителите обединени в радиокръжоците могат да изучават основите на радиотехниката и да се учат да правят и поправят радиоапаратурата. За възобновяване на тази дейност важна задача е да се помагаат радиокръжоците и техните ръководители със съответна литература.

Радиокръжоците могат да се водят по три утвърдени програми: 1) за изучаване и построяване на детекторни радиоприемници; 2) за изучаване и построяване на лампови радиоприемници; 3) за изучаване и построяване на съвременни електронни схеми.

В радиотехниката, радиолокацията, телекомуникациите и много други области на съвременната техника се използват електромагнитни явления и процеси, а също и устройства, в които тези процеси и явления играят съществена роля: предавателни и приемни антени, различни линии за предаване на електромагнитна енергия, обемни резонатори и филтри, делители на мощност и т.н.

В основата на електродинамиката лежи представата за електромагнитното поле. Класическата или максвелова теория за електромагнитното поле отчита само макроскопическите свойства на веществата: предполага се, че размерите на разглежданата област от пространството и разстоянието от източника на полето до разглежданата точка са много по-големи в сравнение с размерите на молекулите. Характерното за изменение на електромагнитното поле време (например периода на трептенията) е много по-голямо в сравнение с времената, характерни за вътрешномолекулярни трептящи процеси. Въз основа на класическата теория на електромагнитното поле може да бъде изучен широк кръг от въпроси, срещащи се в радиотехниката (с изключение на свръх високите честоти, фотоэффект и др.). В границите на дадения курс се изучава класическата теория на електромагнитното поле, т.е. изследват се само неговите макроскопически свойства.

Материята може да съществува във вид на вещество, физическо поле и физически вакуум.

В настоящата разработка се разглеждат електромагнитните полета. Електромагнитното поле е особен вид материя, характеризираща се със силово въздействие върху заредени частици. Термина „поле“ се използва за обозначаване на различни по своето съдържание понятия.

Първо, с термина „поле“ характеризират **пространствено разпределение** на някаква физична величина, векторна или скаларна. Пример за скаларно поле е температурното поле в дадена област, докато вълновото поле е векторно. Тук термина „поле“ описва физическото състояние на изучаваната материална среда.

Второ, поле наричат особен вид материя. Понятието поле като особен вид материя възниква във връзка с проблема на **взаимодействието**. Взаимодействието трябва да даде отговор на въпросите: как се предава действието на силите – мигновено или с крайна скорост, чрез посредничеството на междинен агент или без негово участие?

Теорията, която поддържа твърдението, че силите се предават през пустотата мигновено, носи името теория на далекодействието.

Теорията, поддържаща твърдението, че действието на силите се предава с крайна скорост с посредничеството на материална среда, се нарича теория за близкодействието.

Съвременната наука признава само близкодействието и отрича далекодействието.

В условията на макроскопическо наблюдение електромагнитното поле се проявява като непрекъснато разпространяващ се вълнови процес. Скоростта на разпространение на електромагнитните вълни в дадена среда има определена (крайна) стойност, която за вакуум е $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s

Електромагнитното поле притежава маса и енергия. Масата m на електромагнитното поле и съответстващата му енергия W се определят по формулата на А. Айнщайн:

$$m = \frac{W}{c^2}.$$

Тъй като скоростта на светлината е много голяма, то както показват изчисленията по приведената формула, масите на електромагнитните полета, създавани с помощта на съвременни технически средства, са много малки но не и равни на нула.

Така радиостанция с мощност 1000 kW в продължение на един час излъчва електромагнитно поле с маса

$$m = \frac{10^6 \cdot 3600}{9 \cdot 10^{16}} = 4 \cdot 10^{-8} \text{ [kg]}$$

Енергията на електромагнитното поле се премества заедно със самото поле в пространството и може да се превръща в други видове енергия – топлинна, механическа и др.

От макроскопическа гледна точка, електромагнитното поле се проявява в процеса на силовото взаимодействие със заредени тела посредством електромагнитни сили. При това е известно, че електромагнитната сила има две компоненти, едната от които е пропорционална само на големината на заряда, а втората, също така освен на големината на заряда и на скоростта на неговото движение. Този емпиричен дуализъм на електромагнитното въздействие на веществото е станал на времето причина за деление на електромагнитното поле на **електрическо** и **магнитно** поле.

Всъщност електромагнитното поле е обективно единно, а делението му на електрическа и магнитна компонента е свързано само с постановката на опита и зависи от избора на отчетната система. Действително, неподвижния електрически заряд, създаващ електрично поле, от гледна точка на движещия относително на него наблюдател, създава също и магнитно поле. Обаче традиционно е прието електромагнитното поле да се характеризира с помощта на параметри, отчитащи такова общоприето, макар и съвсем условно, разделение на електромагнитните сили.

Електродинамиката е наука за свойствата и закономерностите в поведението на особен вид материя – електромагнитното поле, осъществяващо взаимодействие между електрически заредените тела или частици.

Развитието на електродинамиката е резултат на труда на много учени. По-долу са дадени основните моменти от историята на развитието на електродинамиката.

През 1753 г. в труда “Реч за въздушните явления произтичащи от електрически сили“ и през 1756 г. в труда „Теория на електричеството, разработена по математичен път“ М.В. Ломоносов изказал мисъл за динамичната природа на електричеството, за връзката между електрически и светлинни явления. През 1819 г. Оерстед открил влиянието на електрическия ток върху магнитна стрелка. През 1820 г. Ампер изследвал действието на тока върху ток, в резултат на което е била установена връзка между магнитни и електрически явления. През 1831 г. М. Фарадей открил явлението електрическа индукция.. през 1873 г. Дж. Максвел публикувал „Трактат за електричеството и манетизма“ в който в математическа форма изложил основните закони на електромагнитното поле. Той въвежда понятието ток на изместването, даващо възможност за разработване теорията на електромагнитното поле в пространството и в крайна сметка да се установи връзка между електромагнитните трептения и светлината. През 1888 г. ученик на известния физик Хелмхолц – Хенри Херц в труда „Сили на електрическите трептения, разгледани съгласно теорията на Максвел“ е дал метод за решаване на уравненията на Максвел и експериментално доказал възможност за съществуването на електромагнитни вълни в пространството. Най-ярко теорията на електромагнитното поле се проявява с изобретяване на радиовръзката, чиято теория е свързана с руския професор А.С. Попов и италианския физик Г. Маркони. Появата на радиото довежда до широко практическо използване на електромагнитното поле.

През 1899 г. П.Н. Лебедев експериментално доказал налягането на светлината, т.е. налягането на електромагнитните вълни върху телата. Било потвърдено наличието на инертна маса при електромагнитното поле. През 1916 г. А. Айнщайн е изказал мисъл за изкривявана на светлинен лъч в гравитационно поле, която през 1919 г. е била потвърдена от Едингтъ, измервайки отклонение на светлинен лъч в гравитационното поле на слънцето. По този начин било доказано съществуването на гравитационна маса при електромагнитното поле. През 1960 г. Р.В. Паунд „претеглил“ светлинен лъч. Материалността на електромагнитното поле била окончателно доказана.

Уравненията за електромагнитното поле теоретически не се извеждат. Те обобщават експериментално получени закономерности. Системата от тези уравнения представлява най-общ израз на законите на електромагнетизма. Теорията на електрическите вериги може да бъде изведена от тези уравнения.

При изучаване на тази теория за целите на радиолюбителите най-напред се представят отделно електрическото и магнитно поле, след което се дават основните уравнения на електромагнитното поле.