

ТЕМА 1: ВЪВЕДЕНИЕ

1. Предмет и основни дялове на физиката. Връзка на физиката с другите науки

Физиката е една от най-старите природни науки. Древните гърци са я определяли като наука за околния, реално съществуващ свят. В съвременния физичен енциклопедичен речник тя е определена като „наука за природата”. Невъзможно е обаче да се поставят точни граници между физиката и другите природни науки. Всички опити да се даде строго определение на физиката като наука за ограничен клас обекти остават безуспешни. Всеки обект притежава общи свойства (механични, електрични, топлинни и др.), които са предмет на изучаване от физиката. Ето защо тя може да се определи като *наука за най-общите и най-прости форми на съществуване на материята (вещество и поле)*, които влизат в състава на всички сложни материални системи, за взаимодействието на тези форми и за тяхното движение.

Висшите и по-сложни форми на движение на материята се изучават от други природни науки, като химия, биология, геология и др. В процеса на историческото развитие хората непрекъснато разширяват и задълбочават знанията си за природата. Заедно с това се разширяват и изменят и обектите, изучавани от различните науки. Предметът на физиката е тясно свързан с основните етапи от нейното историческо развитие.

Основите на класическата механика – един от първите изучавани дялове на физиката, са поставени от италианския учен Галилео Галилей и английския физик Исак Нютон през XVII в. Тя разглежда законите за механичното движение на телата, като за тази цел се използват редица абстрактни понятия – материална точка, идеално твърдо тяло и др. По-късно физиката преминава към изучаване на движението на реалните тела. На този етап на преден план възниква въпросът за строежа на реалните тела и на веществата, от които те са съставени. Едновременно с това се задълбочават и познанията за термодинамичните процеси, които настъпват в телата. Така през XIX в. се развиват две нови области на физиката: молекулна физика и термодинамика. Молекулната физика разглежда вътрешния строеж на веществата, а термодинамиката – процесите на обмен на топлинна енергия между различните системи (както по между им, така и с околната среда). В началото на XIX в. започва развитието и на друг дял на физиката – електричеството и магнетизма. Основоположници на тази област са английските физици Фарадей и Максвел. Характерно свойство на електричните и магнитните сили е това, че тяхното действие се проявява на разстояние. За обяснение на такова действие е необходимо да се въведе понятието „поле”. То се разглежда като форма на материята, посредством която телата си взаимодействат на разстояние едно от друго. В раздела, обхващащ електричеството и магнетизма, се изучават полетата, които се създават около заредените тела и електричните токове, и техните свойства.

Векове наред хората са смятали, че най-малката градивна частица на материята е атомът, който е неделим и лишен от вътрешен строеж. В края на XIX в. с откриването на електрона и в началото на XX в. с опитите на Ръдърфорд и Бор за изучаване строежа на атома се поставя началото на друга област на физиката – атомна физика. Тя изучава строежа на атомите, от които са съставени различните вещества. Заедно с развитието на атомната физика се обособява още един дял – физика на атомното ядро (ядрена физика). Тя разглежда строежа и структурата на атомните ядра. Нейното развитие от своя страна довежда до откриване на голям брой частици, наречени „елементарни” (протон, неутрон, позитрон и др.), и до появата на физиката на елементарните частици, предмет на която са свойствата, взаимодействията и взаимните превръщания на тези частици. Оказва се, че законите на класическата механика са неприложими за описание движението на микроскопичните тела (атоми и елементарни частици), както и това на макроскопичните

тела, движещи се със скорости близки до скоростта на светлината. Така в началото на ХХ в. се развиват още два нови дяла – квантова механика и специална теория на относителността на Айнщайн. Според последните постижения на физиката светът, който ни заобикаля, може условно да се раздели на две области: макросвят (макрокосмос), който обхваща телата с големи маси, и микросвят (микрокосмос), включващ микрочастиците, които имат много малки маси ($m \approx 0$). Квантовата механика изучава движението на микрочастиците, а специалната теория на относителността – движението на макротелата със скорости, близки до скоростта на светлината ($v \approx c$, v – скорост на тялото, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s – скоростта на светлината във вакуум). Законите на класическата механика остават валидни само за макротела, които се движат със скорости, много по-малки от скоростта на светлината ($v \ll c$).

Цялото развитие на физиката показва, че човечеството непрекъснато се движи от разбиране на отделните, частни закони на природата към по-общите. Появата на механиката на големите скорости (специалната теория на относителността на Айнщайн) не противоречи на класическата механика на Нютон. Ако скоростта на движение е много по-малка от скоростта на светлината, класическата механика се оказва следствие от механиката на Айнщайн. Същото се отнася и за законите на квантовата механика, на които се подчинява движението на микросвета. При определени гранични условия законите за движение в макросвета представляват частни случаи на законите на движение на микрочастиците.

Голямото разнообразие от взаимодействия в природата се описва във физиката с помощта на четири основни вида:

- Силни взаимодействия, които се проявяват в ядрото на атомите; те свързват отделните частици на ядрата една с друга и са отговорни за съществуването на ядрата;
- Електромагнитни взаимодействия; те се проявяват между електрично заредени тела;
- Гравитационни взаимодействия; благодарение на тях съществуват планетарните системи, в това число и системата, към която принадлежи нашата Земя;
- Слаби взаимодействия; те се проявяват в микросвета при някои процеси на взаимни превръщания на елементарните частици.

В последните години се оказва възможно да се обединят електромагнитните и слабите взаимодействия и да се изгради теория на електрослабите взаимодействия. Една от главните цели на съвременната физика е да се сведат четирите вида взаимодействия към нов тип единно взаимодействие. В този смисъл може да се каже, че с всеки нов етап от развитието на физиката се появяват все по-общи фундаментални закони, които обединяват частните, но това съвсем не изключва необходимостта да се познават добре законите от частен характер. Ето защо и традиционното разделяне на физиката, възникнало в процеса на нейното развитие – механика, термодинамика, електромагнетизъм, атомна физика, квантова механика и т.н., съществува и до сега и не е загубило своето значение.

От направения кратък преглед на историческото развитие на физиката се вижда, че нейният предмет непрекъснато се разширява и този процес ще продължава и в бъдеще. В резултат на това се развиват нови области, някои от които се обособяват в самостоятелни науки.

Физиката е тясно свързана с останалите природни науки, като химия, биология, математика, геология и др. Създадените на основата на физични принципи измерителни уреди и прибори за наблюдение и анализ (микроскопи, спектрофотометри и др.) широко се използват в химията и биологията. Нещо повече, поради факта, че химичните и биологични явления винаги включват в себе си и физични явления, пълното разбиране и обяснение на явленията в тези науки е невъзможно без привличане на знанията, които

физиката разкрива. Всички химични реакции протичат по законите на физиката; един от най-важните процеси в живата природа е фотосинтезата, а разбирането на явление изисква познания за взаимодействието на светлината и веществото; особеност на физиката е фактът, че тя използва широко математиката – тясната взаимна връзка между тези две науки съществува от самото им зараждане. Междинна дисциплина между физиката и химията е физикохимията - наука, която разглежда химичните процеси чрез широко прилагане на физични понятия и теории. Биофизиката пък изучава биологичните явления с помощта на физични методи. От своя страна и физиката открива в проблемите, които решават тези науки, както поле за приложение на своите достижения, така и за физични изследвания в нови направления.

Физиката е непосредствено свързана и с техническите науки, които се занимават с прилагането на природните закони в производствената дейност на хората и различните производствени процеси. Редица технически науки, като енергетика, електротехника, радиотехника, електроника, авиационна техника, комуникации, транспортна техника, роботика и др., се основават на законите на физиката и нейните нови постижения. Много нови области на физиката раждат отделни технически науки. Така например физиката на полупроводниците (нов вид материали, открити през втората половина на XX в.) даде началото на полупроводниковата техника, ядрената физика – на ядрената техника, и т.н. От своя страна физиката в процеса на своето развитие широко използва последните постижения на различните технически науки. Един съвременен експеримент по ядрена физика е немислим без най-модерната електронна апаратура, компютърна и изчислителна техника.

2. Модели във физиката. Физични величини и закони

Както всички природни науки, физиката се основава на експериментални наблюдения и количествени измервания. Основната задача на физиката е да намери ограничен брой фундаментални закони, които управляват природните явления и да създаде теории, които могат да предвидят резултатите на бъдещи експерименти.

Фундаменталните закони, използвани за развитие на теориите, са представени на езика на математиката – инструмента, който осигурява моста между теорията и експеримента.

Едно от важните понятия във физиката е *модел*. Моделът е опростено описание на реален обект, абстракция, с която си служим при изучаването на дадено явление. Във всяко физично явление може да се определи основното, от което се интересува изследователят в дадена конкретна ситуация. Например, ако разглеждаме движението на самолета от София до Милано, за нас не е важно каква форма има той, какви са размерите на кралата му, нито пък броя на двигателите му. Изучавайки движението на самолета на такова голямо разстояние, във всяка точка от пътя му можем да определим неговото положение, като го разглеждаме като малка точка. Но ако изучаваме движението на този самолет по пистата на летището, не можем да използваме вече такъв модел. Понятието модел се отнася не само до самия обект, но и до условията, в които го изучаваме. Например при изследване движението на едно тяло по наклонена равнина можем да отчетем или пренебрегнем наличието на силите на триене между тялото и равнината – ако равнината е с гладка, полирана повърхност, можем да ги пренебрегнем, в противен случай обаче това е недопустимо.

Всеки процес във физиката се характеризира с редица *физични величини*, които описват различните страни на процесите или на обектите, участващи в него. Физичните величини представляват такива характеристики на дадено тяло, процес или явление, които могат да се измерват количествено. Те могат да бъдат *променливи* или *постоянни*. Например, ако разглеждаме ускорително движение, скоростта и пътят, които го характеризират, са променливи величини (те се изменят непрекъснато). Ако разглеждаме

обаче праволинейно равномерно движение, скоростта \vec{v} ще бъде постоянна величина, докато пътят – променлива. От своя страна постоянните величини биват *физични константи* и *универсални константи*. Физичните величини, които се запазват постоянни при определени условия, се наричат физични константи. Например при определена температура електричното съпротивление на даден метален проводник е една физична константа. Но ако започнем да загряваме металния проводник, то се променя и престава да бъде физична константа. Във физиката се използват и т.нар. универсални константи. Те характеризират най-общите свойства на материята и се запазват постоянни при всякакви условия. Такива са гравитационната константа, скоростта на светлината във вакуум, електричният заряд на електрона и др.

За описание на физичните процеси и явления ще използваме *скаларни* и *векторни* величини (съществуват и величини от по-висок ранг, но те не са обект на разглеждане на настоящия курс). Скаларни величини са времето, температурата, електричният заряд, количеството топлина и др. те се определят от едно алгебрично число (положително или отрицателно). Векторни величини са скоростта, ускорението, силата, която действа на дадено тяло, интензитетът на електричното поле и др. Те се характеризират освен с големината, и с посоката в пространството. Векторните величини се изобразяват геометрично с отсечки, големината на които изразява числената стойност на съответната величина. Посоката на отсечката в пространството се означава със стрелка и указва посоката на вектора. Векторите обикновено се пишат с букви, над които се поставя стрелка, или само с получерни букви. Те могат да се събират геометрично и се определят от три числа, наречени *компоненти на вектора*. Компонентите на вектора представляват проекциите на вектора върху трите оси на дадена координатна система, с която е свързан съответния вектор.

Физичните закони определят връзките между физичните величини, характеризиращи даден физичен процес. Установяването на даден физичен закон се свежда до определяне на функционалната зависимост между величините, които го характеризират. Всеки физичен закон може да се представи таблично, графично или аналитично (чрез някакъв алгебричен израз или формула). Например законът за пътя при праволинейно равномерно движение изразява функционалната зависимост между пътя S и времето t : $S = f(t)$. Аналитичният израз на този закон е формулата $S = vt$, където за скоростта е изпълнено условието $v = \text{const}$.

3. Измерване на физични величини. Мерни единици. Международна система СИ

При всеки физичен процес се изменят едновременно редица величини. Например при нагряването на едно тяло се променят неговите размери, плътност, обем и др. За да се проследи ходът на процеса, трябва да се знае как да се измерят тези величини в зависимост от температурата, т.е. необходимо е те да бъдат измерени.

Методите за измерване на физичните величини се изучават в специален раздел от физиката, наречен метрология (измерителна физика). Измерването на една величина означава сравняването ѝ с друга величина от същия вид, която е приета за единица.

Ако с V означим големината на измерваната величина, а с b – големината на величината, приета за единица, отношението $\frac{V}{b} = n$ показва колко пъти мерната единица се съдържа в измерваната величина; n се нарича мерно число на величината V . Тогава измерваната величина V се определя от произведението на мерното число и големината на мерната единица, $V = nb$. Във физиката е много важно при записване резултатите от измерванията на физичните величини да не се пропускат мерните единици. Например ако разстоянието от един предмет до друг е 5 m, безсмислено е да напишем числото 5, без да укажем към какво се отнася то. Още древногръцките философи са твърдели, че всичко се измерва с „число и мярка“ (мерна единица или размерност). Всички величини във

физиката се характеризират с числа, на които се придава определен смисъл чрез мерната единица. На сравнение подлежат само физични величини, които имат еднакви мерни единици: дължина с дължина, интервал от време с друг интервал и т.н.

Прието е измерванията във физиката да се делят на два вида: *преки* и *косвени* (*непреки*). Преки са тези измервания, които могат да бъдат извършени непосредствено с помощта на прости измерителни прибори. Например: измерване температурата на тяло с термометър; претегляне на даден предмет с везни, за да се определи масата му; измерване разстоянието между два обекта с метър и т.н. Ако обаче е необходимо да се измерят разстоянията между атомите в даден кристал, тогава трябва да се приложат косвени измервания. При тях обикновено се използва метод, с помощта на който се измерват други величини, свързани с търсената чрез някаква формула. Прост случай на косвено измерване е определянето на обема на дадено тяло – измерват се пряко дължината, ширината и височината на тялото, а чрез формула, свързваща тези величини с обема, се получава косвено информация за търсения обем. За косвените измервания е характерно това, че обикновено се мери едно нещо, а се получава информация за друго.

За измерването на физичните величини съществуват различни измерителни системи. Всяка измерителна система се основава на определени мерни единици, които се наричат *основни*. За основни единици се избират тези, които са свързани с най-общите фундаментални понятия: време, пространство, маса, температура и т.н. От тях се получават всички други, които се наричат *производни*. Основните величини, използвани в механиката са три – *дължина, маса и време*.

За да може резултатите от изследванията да бъдат еднозначни за всички учени, е необходимо да бъде въведен стандарт. Според този стандарт основните величини се сравняват с мерни единици, които да бъдат еднакви навсякъде по света. Задължително е мерните единици да бъдат така подбрани, че да могат лесно да се възпроизвеждат.

В България през 1965 г. като задължителна е въведена Международната система СИ (System International – SI). Тя е изградена върху 7 основни и 2 допълнителни мерни единици, които са дадени в Таблица 1.

Таблица 1

Величини	Основни единици	Означения
Дължина	Метър	m
Време	Секунда	s
Маса	Килограм	kg
Термодинамична температура	Келвин	K
Големина на електричен ток	Ампер	A
Интензитет на светлината	Кандела	cd
Количество вещество	мол	mol
Допълнителни единици		
Равнинен ъгъл	радиан	rad
Пространствен ъгъл	стерадиан	sr

Според Международната система СИ мерните единици за дължина, маса и време са съответно *метър, килограм и секунда*.

Дължина

През 1120 г. кралят на Англия постановил, че стандартът за дължина в страната му ще бъде ярд (yard) и ще бъде точно равен на разстоянието от върха на носа му до края на протегнатата му ръка. По аналогичен начин, оригиналният стандарт за фут (foot), приет от французите, е дължината на кралското стъпало на крал Луи XIV. Този стандарт преобладава до 1799 г., когато легален стандарт за дължина във Франция става *метъра*,

определен като една десетомилionна част от разстоянието между Северния полюс и Екватора, измерено по меридиана, минаващ през Париж.

През годините са били разработени много други системи за измерване на дължина, но предимствата на френската система са причината, тя да бъде приета почти във всички страни и научни среди. До 1960 г. дължината на метъра се определяла като разстоянието между две прави линии върху точно определена пръчка от платина и иридий, съхранявана при контролирани условия във Франция. Този стандарт е изоставен поради няколко причини, основната от които е, че точността, с която може да се определи разстоянието между линиите върху пръчката, не отговаря на съвременните изисквания на науката и технологиите. През 1960^{-те} и 1970^{-те} г. метърът се определя като $1\,650\,763,73$ от дължината на вълната на оранжево-червена светлина, излъчвана криптон-86. През октомври 1983 г. метърът (m) е предефиниран като разстоянието, изминато от светлината във вакуум за време $1/299\,792\,458$ s. На практика това последно определение постановява, че скоростта на светлината във вакуум е точно $299\,792\,458$ m/s.

Маса

В системата SI единицата за маса, килограм (kg), се определя като масата на точно определен цилиндър от сплав на платина и иридий, съхраняван в Международното бюро за мерки и теглилки в Sèvres, Франция. Тази стандарт за маса е създаден през 1887 г. и не се е променил от това време, тъй като сплавта платината/иридий е изключително стабилна. Дубликат на цилиндъра от Sèvres се съхранява в Националния институт по стандарти и технологии (NIST) в Gaithersburg, Мериленд.

Време

Стандартът за време в система СИ е секунда (s). Старите дефиниции на секунда са базирани на видимата позиция на слънцето на небето при въртенето на земята. Тогава слънчевият ден се разделя на 24 часа, всеки от който се дели на 60 минути, а всяка минута — на 60 секунди, т.е. секундата се явява една $86\,400$ -на част от средния слънчев ден. Тази дефиниция се запазва до 1956 година.

Астрономически наблюдения през 19-ти и 20-ти век обаче откриват, че има забавяне в това средно време, поради което движението на слънцето и земята се оказва ненадежден метод за определяне на времето.

С развитието на микровълновата спектроскопия в края на 1940-те години става ясно, че разликата в енергиите между близко разположените атомни или молекулни нива на атомите може да се измери с извънредно голяма точност. Става очевидно, че като основа на еталон за честота може да бъде избран подходящ атомен или молекулен преход. През 1967 г. XIII Генералната конференция по мерки и теглилки определя секундата на базата на лъчението на цезий 133 като преход между две основни близки енергийни състояния. Грубо казано, в момента една секунда е равна на $9\,192\,631\,770$ такива промени. Съществуват и други еталони за честота, например водороден мазер, рубидиев часовник, кварцов часовник и други.

От около пет години насам съществува нова технология - оптичният атомен часовник, който според мнението на много учени е на път да измести настоящите суперпрецизни уреди за измерване на времето и стане 100 пъти по-точен от обикновените. При настоящите атомни часовници ядрата на цезия се бомбардират с микровълни, чиято честота е синхронизирана с тази на ядрата. Оптичните часовници ще се облъчват с лазерен лъч. При тези условия промените в състоянията на атомите ще се осъществяват 100 хиляди пъти по-бързо, което ще осигури много по-голяма прецизност и точност и най-вероятно ще наложи нова дефиниция за секундата.

След откритието на Айнщайн за връзка между времето и пространството, се оказва, че прецизно измерване на времето е възможно само ако знаем движението на часовника и неговото местоположение.

В практиката за по-голямо удобство много често се използват т.нар. кратни мерни единици, които се получават чрез деление или умножение на основните или производните единици на числото 10, повдигнато на някаква степен. Кратните единици са дадени в Таблица 2.

Таблица 2

Наименование	Означение	Кратност
Пико	p	10^{-12}
Нано	n	10^{-9}
Микро	μ	10^{-6}
Мили	m	10^{-3}
Кило	k	10^3
Мега	M	10^6
Гига	G	10^9
Тера	T	10^{12}