

ФИЗИКАТА НА ГРАНИЦАТА НА ДВЕ СТОЛЕТИЯ

Иван Лалов*

УВОД

Схоластичните спорове по въпроса Кога завършва 20-ти век - през 1999 г. или през 2000 г. затихнаха с едновременното превъртане на четирите цифри на календара на 1.01.2000 г. (което се случи за първи път в историята). Двехилядната година се оказа като предишните - наследила от тях политически, социални и хуманитарни проблеми и начало на нови проблеми. Остана, обаче, желанието да се направи обща равностметка на изминалите 100 години и да се надникне в двадесет и първия век. Такъв опит в областта на физиката ще бъде предмет на настоящия доклад.

Двадесети век е трудно време в историята. Две големи войни, най-кръвопролитните досега, непредвидимото нарастване на населението на Земята и произтичащите от това проблеми, неуспешният исторически експеримент на реалния социализъм, обхванал много страни - това са големите негативи на столетието. В същото време двадесети век донесе непредсказуемо развитие на икономиката и техниката, подобряване качеството на живота на голям процент от населението в много страни, елиминирането на голямата война от живота на обществото през втората половина на века, компютрите и астронавтиката, чрез която човек стъпи на Луната - това са най-важните положителни черти в човешкото развитие.

От многото характеристики на века за нас особено съществена е век на физиката. Не е само невероятното развитие на нашите познания за света в тази толкова вълнуваща наука. Постиженията на физиката промениха живота на човечеството и живота на всеки отделен човек. Нека за момент си представим началото на века, показано на старите филмови ленти, и като го сравним със сегашното, да потърсим влиянието на физиката върху развитието на техниката и бита. От изучаването на електромагнетизма в началото на века се е родила електротехниката, но вече следват радиотехниката, изследванията на рентгеновите лъчи и тяхното приложение в диагностиката, разцепването на атомното ядро и приложенията на атомната физика. Именно развитието на атомната и ядрена физика направи възможно

* проф. дфн, Физ. факултет на СУ "Св. Кл. Охридски"

конструирането на атомна и водородна бомба, които изключиха голямата война (поне засега). През втората половина на века физиката създаде лазерите и те навлязоха в науката и бита. Революцията в елементната база на електрониката е продукт на физиката на твърдото тяло и сама породила компютърната революция на човечеството.

Още по-силно влияние оказало развитието на физиката върху човешкото познание. Цялата наука - и природните и хуманитарните клонове - под влияние на физиката преминала от класическото мислене, доминирано от "очевидността" на обкръжаващия ни свят, към квантовия подход на допълнителност, абстрактност, богатство и взаимно проникване на идеите. Силното развитие на експерименталните методики във физиката разшири възможностите за тяхното използване във всички природни и технически науки. Успехът на математичните методи във физиката причинил раждането на нови математични структури, но също - амбициите да се математизират и така да станат по-ефективни биологията, икономиката, лингвистиката. Последната третинка на века поставила на научни основи фундаменталния въпрос за развитието на Вселената като цяло от времето на Големия взрив и в бъдеще.

Не е истинска, обаче, картината на физиката само в розови тонове. Именно в края на столетието, когато физиката можеше да празнува своя триумф, се проявила редица нови обстоятелства, частично предизвикани и от нейното собствено влияние. За щастие студената война свършила, но много богати страни ограничили финансирането на фундаменталните изследвания, като прагматично насочили средства в области, от които може да се очакват непосредствени социални ефекти. Очевидно по-перспективна за човечеството се оказва вече биологията с изследване и контролиране на процесите в живата материя (макар като източник на основополагащи научни идеи и принципи физиката да запазва своето място сред природните науки). Най-сетне физиката не е толкова привлекателна за младите хора като бъдеща кариера - тя е трудна наука, която не обеща личен финансов възход. Съответно, променили се мотивацията за изучаването на физиката от бъдещите физици, както и от всички ученици и студенти.

През последните години физиците-професионалисти решават принципиални въпроси - как по-икономично да планираме и откъде да намерим финансиране за научните изследвания, какво и как да преподаваме на учениците и студентите, няма ли и други пътища за реализация на способностите и възможностите на физиците.

На границата на две столетия общи доклади като настоящия неизбежно съдържат две части: историческа част за физиката през 20-ти век, която ще се постарая да не съдържа носталгия, и сегашния статус на изследванията и практиката на физиката като прозорец към бъдещото столетие.

ФИЗИКАТА ПРЕЗ ЧЕТИРИТЕ ЧЕТВЪРТИНИ НА 20-ТИ ВЕК

1. Първа четвърт на столетието

Физиката на 20-ти век се ражда на 15.12.1900 г. - деня на лекцията на Макс Планк в Берлинската академия, посветена на закона за излъчването на абсолютно черно тяло. Това е рожденият ден и на квантовата физика. Квантовата физика не е търсена, нито желана от учените. Планк почти се извинява за своята хипотеза за излъчването на фотони и я обосновава единствено с необходимостта да се обяснят експерименталните факти. Извикана в научния свят от необходимостта да се опишат процесите на излъчване и поглъщане на светлината, квантовата физика всъщност е онази врата, която води в явленията на микросвета - атома, атомното ядро, елементарните частици (и, може би малко неочаквано, към разбиране законите на структурата на кондензираната материя, а сега и към Стандартния модел за развитие на Вселената). Основните идеи на квантовата физика се формират до края на тази първа четвърт на столетието. Като се има предвид тяхната фундаментална новост, сравнени с идеите на класическата физика, а също невероятното въздействие върху цялото човешко познание, това е голяма крачка, реализирана в много къс период.

В началото на века се ражда и втората теория - идейна основа на съвременната физика - Теорията на относителността. Непосредственият въпрос, на който е търсен отговор почти 25 години - след опита на Майкелсън-Морли (1881 г.), е как са свързани помежду си отправните системи, така че уравненията на Максвел да имат един и същи вид във всяка от тях, т.е. електромагнитните явления да протичат по един и същ начин за всеки наблюдател от движещите се едно спрямо друго тела. Теорията на относителността възниква като резултат от усилията на цяло поколение учени (Лоренц, Фитцджералд, Поанкаре), но нейната най-адекватна формулировка е дадена от Айнщайн и съдържа радикална промяна на нашите схващания за пространството и времето. Именно така, като по-нататъшно развитие на тази концепция, се създава през 1915 г. Общата теория на

относителността - база на съвременните космологични теории, а изискването за релятивистка инвариантност, т.е. съгласуване с изискванията на теорията на относителността, се поставят пред всяка съвременна теория за микроsvета. В развитието на космологията още през първата четвърт на 20-ти век ще спомена и концепцията на съветския физик Фридман за разширяващата се Вселена (1922 г.). Физиката - тази важна природна наука, предмет на академичен интерес на ограничен кръг професионалисти - застава в обектива на общественото внимание след края на Първата световна война при проверката на Общата теория на относителността чрез наблюдаването на слънчево затъмнение през 1919 г. Положителният отговор, който дават наблюденията - светлинният лъч се отклонява в гравитационното поле на Слънцето на ъгъл $1,75''$ - потвърждава теорията на Айнщайн, който става световна знаменитост. Оттук нататък повече от половин век световните медии, автори на книги, театрални пиеси и филми ще търсят физиците за отговор на важни за човечеството въпроси, а също - като интересни личности, които задават модели на мислене, на отговорност и дори на поведение.

През първата четвърт на 20-ти век се случват и две други научни събития, призвани да дадат богати резултати: през 1917 г. Айнщайн предсказва стимулираното излъчване, основа на работата на лазерите. През 1923 г. канадският физик Ленгмюр дава дефиниция на най-разпространеното състояние на веществото - плазмата. По това време плазмата е един страничен за физиците обект.

2. Втора четвърт на 20-ти век

През вторите 25 години най-важният резултат от изследванията по физика е разцепването на атомното ядро и, специално, откриването на верижното делене на урана, съпроводено с отделяне на значителна енергия. Тези открития са големи стъпки в разбирането на строежа на материята. Те направиха възможни големи военни проекти за производството на атомни бомби (САЩ, Германия, СССР). Ролята на физиците в тези проекти бе решаваща. Още през 40-те години атомната бомба бе "изпитана" над Хирошима и Нагазаки. Като резултат от изследванията на термоядрения синтез на леки ядра бе разбрана тайната на енергията на звездите и Слънцето, а в самото начало на 50-те години бяха конструирани водородните бомби.

През втората четвъртинка на века квантовата физика беше достроена като идейна концепция и приложена в различни области на физиката. Това развитие направи възможно, заедно с развитието на рентгеноструктурния анализ, разбирането и изследването на твърдите тела (по-общо, на кондензираната материя) като макроскопични квантови структури. Върху познанията ни за кондензирани среди бяха базирани новите етапи в развитието на елементната база на електрониката (транзистори, интегрални схеми) и оптиката (луминесцентни материали, светодиоди, твърдотелни лазери).

Откриването на позитрона, неутрона, неутриното, мезоните и други елементарни частици през 30-те и 40-те години поставиха на дневен ред въпроса за класификацията и структурата на следващите градивни елементи (след атома, електроните, атомните ядра) на материята. Между забележителните постижения през втората четвърт на столетието ще споменем откриването на електронния микроскоп - голям успех на експерименталната техника. Действителното разбиране на възможностите на електронния микроскоп, специално неговата голяма разделителна способност, се основава на вълновите свойства на електроните, един важен аспект на квантовата теория.

3. Третата четвърт - златното време на физиката

През 50-те години физиката се оказва в центъра на обществените очаквания. От една страна студената война изискваше нови оръжия и усъвършенстване на съществуващите. Голяма част от "героите" от секретните центрове бяха физици и извършваха щедро субсидирани научни изследвания и военно-технически разработки. От друга страна от физиката се очакваха решения за проблемите на енергетиката (атомна енергетика, управляем термоядрен синтез), на съобщителната техника и др. Накрая от физиката се очакваха фундаментални открития за разширяване на човешкото знание.

През това време бяха построени огромни ускорители и бяха реализирани скъпи и важни международни проекти в областта на физиката на високите енергии. Невероятното разширяване на познанията за елементарните частици доведе до създаване на кварковия модел и до нови открития на негова основа (макар че, както се изясни по-късно, отделни кварки не могат да се наблюдават).

Развитието на физиката на кондензираната материя доведе до революция в материалознанието и в електрониката - използването на интегрални схеми промени радио- и телевизионната техника, научната

апаратура, направи възможно израстването на материали с отнапред зададени свойства и създаването на компактни компютри.

В оптиката най-революционната стъпка бе създаването на източници на кохерентно лъчение - лазерите (1961 г.). За едно десетилетие през 60-те години бяха конструирани лазери за различни дължини на вълните, основаващи се на различни физически принципи и намерили множество приложения в науката, техниката и бита. Развитието на квантовата електроника позволи да се говори за “лазерна ера” във физиката и комуникациите.

Третата четвъртинка на века бе време на изключително интензивно развитие на физиката на плазмата, която се превърна в една от основните области на физиката не само поради широкото разпространение на плазмата в звездните недра и в междузвездното пространство. Основната причина беше интересът към реализиране на управляем термоядрен синтез. Тази принципна възможност бе изяснена в края на 40-те години и примамливата перспектива да се реши енергийният проблем на човечеството представлява предизвикателство към физиците досега. Решаването на този проблем минава през дълбоко разбиране и управляване на процесите във високотемпературна и достатъчно плътна плазма.

Изследванията по управляем термоядрен синтез показват истинската стойност на научния прогрес - много десетилетия интелектуални усилия на висококвалифицирани учени и сериозни субсидии.

Времето на 50-те и 60-те години донесе забележителни открития, от които ще спомена:

а/ ефекта на Мьосбауер - най-точната методика за измерване на величина във физиката;

б/ теорията на Бардин-Купър-Шрифър за теоретично разбиране на свръхпроводимостта върху основата на квантовата теория на твърдото тяло;

в/ холографията - методика за обемна фотография, а също - за компактен оптичен запис на информация;

г/ откриването на реликтовото лъчение, което наред с червеното отместване, потвърди и позволи да се развие теорията за Големия взрив като основна космологична концепция.

Вероятно най-важното събитие за човечеството през третата четвърт на века бе стъпването на човек на Луната - през 1969 г. Това е епохално постижение на цялата човешка наука и техника (не само на физиката), реализирано от американската програма “Аполо”.

4. Краят на века

Последната четвъртинка на 20-ти век е време на триумф на компютрите, мощни и приложими във всеки клон на науката. Това промени експерименталните и теоретичните изследвания във физиката и дори се роди новата методика на компютърната физика. Използването на компютрите направи невероятно по-ефективни изследванията във физика на високите енергии, в спектроскопията, в наблюдателната астрономия и другаде.

Може би най-впечатляващ през последните две десетилетия е успехът на квантовата хромодинамика като общоприет модел за структурата на материята. Кварковият модел е потвърден с откриването на почти всички типове кварки, а в последно време на кварк-глюонна плазма.

Неизменно резултатите от физиката на елементарните частици се прилагат в космологията за развитие на теорията на Големия взрив. Нови експериментални факти, получени от спътниковия телескоп “Хабъл” и отнасящи се до наблюдаване на свръхдалечни галактики във времето “на тяхната младост” - потвърждават теорията за разширяващата се Вселена и дори извода, че това разширяване няма да бъде последвано от цикъл на компресия.

През 1986 г. бе открита високотемпературната свръхпроводимост в керамики (купрати). Това откритие е илюстрация на възможностите да се провеждат целенасочени научни търсения в науката, продължили в тази област почти четвърт век. Интересът към свойствата и механизмите на този нов тип свръхпроводници бе огромен в продължение на цяло десетилетие. Надеждите за бързо намиране на поле на приложимост на тези материали се оказаха прибързани. Търсенето на още по-високотемпературни свръхпроводници продължава.

Изследванията на управляемия термоядрен синтез с неотклонна последователност бяха доведени през 90-те години до прага на енергетичната ефективност (европейски програми със системи от типа “Токамак”). До промишленото използване за получаване на евтина енергия остават още множество стъпки - чисто научни и практически.

Това, вероятно, ще продължи през първите няколко десетилетия на следващия век.

Последната четвърт на века бе триумф на нелинейната физика, изследвана в теоретичен и експериментален аспект. Свойствата и проявите на различни типове солитони обхващат области от метеорологията до оптиката. Подобна широка обхватност имат и другите прояви на нелинейностите - турбулентност, хаос, самоорганизация на сложни системи. И любопитно и перспективно е приложението на нелинейните явления и закономерности в икономиката - една нова контактна точка на физиката с друга наука.

Във физиката на кондензираната материя се премина към изучаване на все по-сложни системи - от физиката на повърхностите и бозе-кондензация на хелий, към мезоструктури (с размери около 10μ , превишаващи сто пъти атомните и също толкова пъти по-малки от макротелата), нови обекти като фулерени, нанотръбички и др.

През 80-те години Сенатът н САЩ спря финансирането на проекта за Свръхпроводящия суперколайдер и това е сигурен знак за ограничаване на финансирането на научни изследвания, насочени към тясно научни проблеми. Именно в последните десетилетия физиката престана да бъде "галената наука", към която се обръщаха любопитните погледи на околните. Макар интересът в обществото към научните открития на физиката и астрофизиката да се запазва достатъчно висок, сега научните сензации са свързани с овцата Доли (клонирването) и с разшифроването на човешкия ген.

Но по-широката оценка показва, че физиката в края на хилядолетието е много развита научна система, която решава сложни задачи от научен и практически характер и създава важна част от информираността, интелектуалния багаж и дори културата на съвременника. Именно това прави обучението по физика сложно и необходимо.

5. Сегашният статут на физиката

Няма скокове, няма прекъсване на научното развитие. От най-важните проблеми, изследвани в края на века, които ще се пренесат в следващия век, аз вече споменах квантовата хромодинамика, стандартния космологичен модел, управляемия термоядрен синтез, високотемпературна свръхпроводимост, проблемите и приложенията на нелинейната физика.

Според Стивън Хокинг съществува 50 % вероятност през следващите две десетилетия да се създаде пълна теория на свръхобединението (т.нар. теория на всичко). Във вижданията на физиците-теоретици тя трябва да включи в единен модел Общата теория на относителността и квантовата физика, като обхване всички известни взаимодействия - електрослабото (което обединява в единно поле електромагнитното и слабото взаимодействия), ядреното и гравитационното. Тази теория ще се отнася до т.нар. квантова гравитация и по всяка вероятност ще третира дискретна структура на пространството и времето (а не непрекъснатата). Пълната теория трябва да включва известните теоретични модели на елементарните частици и да описва развитието на физическите процеси след Големия взрив. Отделни части на теорията вероятно съществуват в сегашната теоретична физика (теория на суперструните). Решаването на тази грандиозна задача няма да доведе до края на теоретичната физика, а до ново начало на изследвания, подобно на създаването на механиката на Нютон, електродинамиката на Максвел, уравненията на Айнщайн.

Друга грандиозна задача на изследователите-физици, по която може да се очаква съществен прогрес, е изследване поведението на сложни системи, включително нелинейните особености на сложни и реалистични модели на метеорологични явления, икономически кризи, самоорганизация на живите организми. Използването на все по-мощни компютри позволява да се очаква решаване на проблемите на възникване и развитие на турбулентност, на катастрофите, нови приноси в теорията на хаоса.

Овладеяването на нанотехнологиите ще бъде хардуерът на бъдещата информационна революция. Израстването - повече или по-малко контролируемо - на отделни елементи с размери 10 nm е в границите на възможното за съвременната технология. Проблемът е това да става без статистически грешки и да се осигури сигурна функционална връзка между тези елементи. Нанотехнологиите ще направят компютрите по-компактни и, вероятно, по-евтини и по-мощни, така че да могат да решават научни и технически задачи несравнимо по-сложни от сегашните. Тук е мястото да спомена и за две други линии на развитие:

а/ молекулна електроника - в нея ролята на отделен елемент ще играе една единствена молекула, която реагира и съхранява информацията от един байт;

б/ квантовите компютри, основани на квантови закони и квантови комуникации (чрез квантово телепортиране?), които осигуряват свръхбързо действие.

В астрофизиката нови открития стават и в последните години. Невероятно е разширяването на обхвата на наблюдателните методики - рентгенова и γ -астрономия, неутринна астрономия и др. На дневен ред е наблюдаването на гравитационните вълни, преследвани с най-съвършени методики през последните 35 години. Новите открития ще обхванат неизвестни на науката обекти и процеси, дори близки по време до Големия взрив. Много е възможно именно астрономичните данни да позволят проверка на споменатата "теория на всичко", а също - по необходимост да наложат промяна на нашите основни принципи.

Вероятно, най-интригуващ в професионален план е бъдещият приоритет физика или биология. Физиците приемат като нещо естествено именно физиката да съсредоточава обществения интерес. В сегашния момент физиката продължава да създава научна перспектива и научни продукти, без които обществото не може. Но то още повече се нуждае от научните продукти на биологията, които имат решаваща роля за качеството на живота. Затова доминантният обществен интерес е изместен към биологията, която повече от половин век внедрява и използва методите на физиката, квалификацията на физиците, научната заинтригуваност на най-силни представители на физиците. Молекулярната биология е само една област, в която физическите методи са плодотворни и която вероятно ще роди нови технологии подобни на нанотехнологиите. Изключително интересен е въпросът ще бъдат ли необходими нови принципни закономерности, освен известните от физиката, които да обяснят живота, или основните квантовомеханични, статистически, нелинейнофизични закони и др. закони са достатъчни, но трябва да се приложат към сложни системи като живите организми. Научното разглеждане на сложни системи чрез използване на закономерностите, които се отнасят към по-прости обекти, се нарича редукионизъм. Интуицията на немалко физици подсказва, че редукионизмът има своите основания, т.е. известните физически принципи са достатъчни за изследване и на биологични структури. Руският физик Гинзбург смята, че решаващ експеримент ще бъде създаването на "живот в епруветка" от органични неживи материали.

Като разглеждаме сегашния статут на физиката, ние неизбежно стигаме до съотношението фундаментални изследвания и приложения в края на века. Стимулирани от огромното развитие на физиката и от нейната революционна роля за техниката, човешките общества през 20-ти век финансираха и двете линии, близки, но паралелни: задоволяване на любопитството на човека за нови знания и приложенията на тези знания. Сега първата линия се ограничава и, например, Европейският съюз се стреми да достигне прагматичността на американската наука, много по-силно насочена към приложенията. Затова основна цел на Петата рамкова програма е “получаване на европейска принадлежна стойност” от научните изследвания, която да промени положително живота на европейца. Тази тенденция ще оказва силно, и, вероятно, здравословно влияние върху физиката през 21-ви век.

6. Обучението по физика

Обучението по физика в средните и висши училища, вкл. обучението на самите физици, следва обществения интерес към физиката. Интересът към физиката съответства също на влиянието на физическите науки върху цялото човешко знание - философия, технически науки, биология, химия.

В началото на века физиката се изучава сериозно, но като малко популярна и трудна наука (всъщност физиката на всички нива изисква сериозни интелектуални усилия във всички времена). С популяризирането и развитието на физиката като основна природна наука в средата на века тя е желана и търсена като част от информационния багаж и от културата на всеки интелигентен човек. По това време физиката е желана като кариера от немалко млади хора с нагласа към математиката и природните науки. В гимназиите се преподава голям обем от познания по отделните клонове на физиката и практически във всички страни се проявява стремеж към преподаване на систематичен курс по физика, чрез който да се изгради т.нар. единна физическа картина на света и да се демонстрира силата и красотата на системата на физиката. Това е възможно при едно необходимо условие: ученикът и студентът трябва да са готови да инвестират значителни усилия в овладяването на тази интересна наука.

Реалността през 2000-та година е отражение на една световна тенденция от последната третинка на века - наблюдава се относителен отлив на интереса към природните науки за сметка на повишаване на

интереса към хуманитаристиката. Не бива да се смята, че тази тенденция е тотална - и сега много млади хора виждат своята реализация в информатиката и в природните науки - физика, химия, биология. Моите дългогодишни наблюдения във Физическия факултет на Софийския университет показват един почти неизменен брой надарени студенти, които могат и желаят да се занимават с физика на равнището на съвременната наука. Сега е намалял броят на следващата категория студенти, които виждат във физиката своята кариера, не непременно научна, и полагат сериозни усилия да усвоят нейните основи.

Това налага да се промени и подходът при преподаването на физиката в средните училища и в Университета. Стремещт към излишна абстрактност и системност е вреден. На Европейски семинар на председателите на физически дружества в Англия (1999 г.) бе зададен въпрос, който може да изглежда еретичен: "Можем ли да разчитаме да привлечем младите хора сега чрез механика от 17-ти век и електродинамика от 19-ти век?". Необходимо е да се демонстрира красотата на явленията, фактите и идеите. Необходимо е да се показва разбираемото и привлекателно лице на физиката, макар съвременната физика да става все по-малко нагледна. Демонстрациите и понятният разказ винаги могат да заинтригуват даже ученици и студенти, които не са склонни да изучават физика.

Проблемите пред учителите и преподавателите по физика от университетите е не са само български, а и световен. Той опира до необходимостта преподаването на физиката за инженери, медици, биолози да се свърже с нуждите на тяхната бъдеща професия и с нивото на тяхната подготовка.

Същите проблеми за по-тясна връзка на учебните планове с бъдещите нужди и на професионалистите-физици са обект на дискусия навсякъде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На границата на две столетия физиката представлява силна наука със своите неоспорими резултати, с проблеми и с перспективи. Сега физиката си поставя мащабни задачи, които търсят отговор на фундаментални въпроси - свръхобединение, развитие на Вселената като цяло, квантови комуникации, физиката и животът. След едновековното развитие на модерната физика, последвало

няколковековното развитие на класическата, прогнозите и оценките са оптимистични - понякога изглежда, че едва сега започваме да се оглеждаме в света около нас.

И въпреки това на нас, физиците, твърде често ни е неуютно в света на 2000 година. Нищо особено. Животът ни напомня, че не е нито много хубав, нито много лош. Животът е интересен. В човека е заложено вечно любопитство към света и вечен интерес към неговите закони. Физиката има неизменната задача да отговаря на тези интелектуални нужди на хората и, от друга страна, да променя техния живот.

Надявам се, че в този доклад съм успял да поднеса част от оптимизма за бъдещето на физиката и физиците, който се утвърди в схващанията на автора при опита да се обхване тази наука на границата на две столетия.

