



МАТЕМАТИЧЕСКАТА ФИЗИКА НА 20-и И 21-и ВЕК

Роджър Пенроуз*

1. Двете основни революции във физиката на 20-ти век.

През изтеклото столетие нашата картина на физическия свят претърпя две изключителни революции. Първата от тях промени изцяло представите ни за *пространството* и *времето* и в резултат на това тези две фундаментални понятия не само се сляха в единна същност, наречена *пространство-време*, но заедно с това тази същност включи в своята структура универсалното явление на *гравитацията*. Тези представи ни доведоха до такава теория на едромасштабното поведение, която е в пълно съответствие с известните макроскопски факти и при това с точност едно към 10^{14} (поне за една конкретна позната физическа система). Втората е *квантовата* революция, която изцяло промени нашите представи за *материята* и ни доведе до схващането, че в действителност една частица може едновременно да се намира на няколко различни места, че система от силно раздалечени частици трябва въпреки това да се разглежда като една цялост, че самата възможност нещо *да е можело* да се случи, макар че то *не се е случило*, определено оказва влияние върху това, което в действителност става, и че класическите понятия за положение и импулс се оказват взаимно несъвместими. Това схващане ни доведе до такава теория на явленията в микромасштаб, която има необикновено широка област на приложимост и чиято точност в множество различни ситуации възлиза най-малко на едно към 10^{11} .

Всяка от тези теории - *теорията на относителността* и *квантовата механика* - е забележителна не само със своята мощ като физическа теория и с дълбокото си проникване в устройството на света, но и с красивата и изтънчена математика, която се използва при нейното построяване. На *фундаменталните* равнища на физиката подходящите математически идеи притежават такава мощ и такава прецизност, която далеч надхвърля обичайните стандарти на описание, когато ролята на математиката е само да организира и пояснява. И обратно, фундаменталните физически идеи могат да стимулират появата на нови и удивително плодотворни области на математически изследвания. Така се стигна до необикновена симбиоза между тези две области на интелектуално усилие - едната, занимаваща се с необходимите истини относно изцяло абстрактни обекти, и другата, развиваща принципите, които управляват реалните неща в реалния свят.

Но този вид симбиоза далеч не е оригинален принос на 20-ти век. Още при древните гърци, около 4-ти в.пр.н.е., с евклидовата геометрия беше даден първият пример за това забележително съгласие между математическите структури и закономерностите на физическия свят. В действителност това съгласие е изглеждало така пълно, че древните може даже да не са осъзнали същността на своето постижение. Те със сигурност са осъзнали различието (както е подчертано от Платон) между: (1) - чисто абстрактната математическа геометрия, изведена от тях, и (2) - физическите същности - предимно твърди тела, - които само в приблизителен смисъл са се съгласували с тази геометрия. Но те вероятно не са оценявали напълно какъв

забележителен факт е съществуването на това необикновено добро съгласие, съпоставящо една необикновено изящна абстрактна математическа структура със семейството на точните пространствени съотношения между реалните тела във физическия свят.

Евклидовата геометрия играе централна роля в древната наука на статиката, развита от Архимед и други през 3-ти в. пр.н.е. През 17-ти в. *механиката* на Галилей и Нютон показва, че не само геометрията, но и динамичното поведение на *движещи се* тела също е в тясно съгласие с една мощна математическа структура. Диференциалното смятане е развито с явната цел да описва законите, управляващи движенията на телата. Но не след дълго това смятане заживява свой собствен живот и математическите му приложения отиват далеч встрани от целта, за която първоначално е предназначено. Започва да се улавя единството на много привидно несвързани части на математиката и може би най-важната му проява е фундаменталната теорема на анализа, показваща тясната (реципрочна) връзка между формализма, необходим за описанието на законите на движението, и този, прилаган за пресмятането на дължини, площи, обеми, центрове на тежестта и т.н. Нещо повече, обединяващите резултати на математици като Ойлер, Лаплас, Лагранж, Остроградски, Поасон и Хамилтън започват да разкриват дълбоката хармония между Галилей - Нютоновата картина на света и красивите абстрактни математически структури.

Следващата голяма промяна в нашия възглед за света настъпва през 19-ти в., когато Максвел, подтикнат от експерименталните открития на Фарадей, извежда своите фундаментални полеви уравнения за динамиката на електромагнитните полета и за поведението на светлината. Макар че понятието *поле* е познато от по-рано (например това с гравитационен потенциал), едва с уравненията на Максвел полевата идея получава статута на реалност със свои собствени независими степени на свобода. Вместо крайния (дискретен) брой степени на свобода, които би имала система от частици, електромагнитното поле трябва да се описва от *безкраен* (непрекъснат) брой степени на свобода. Вместо да се описва от обикновени диференциални уравнения, какъвто е случаят с динамиката на система от частици, електромагнитното поле се описва от *частни* диференциални уравнения. Разбира се, частните диференциални уравнения вече са били използвани за изучаването на непрекъснати флуиди и на еластичността, както и за разглеждането на гравитационния потенциал. Но в случая с полетата те вече са фундаментални съставлящи на реалността, а не просто приближения или спомагателни средства спрямо “реалност”, която се е приписвала единствено на частиците. В пълно съответствие със споменатата по-горе хармония между физиката на фундаментално равнище и плодотворната и красива математика, специфичната форма на уравненията на Максвел ги свързва по извънредно елегантен начин с един друг клон на математиката, известен като *външно изчисление* на Картан.

Сега идваме до 20-ти в., в който имаме не една, а *две* големи революции в нашата картина на света. Наистина, някой бе казал, че сме имали три, а дори и четири такива революции. Това би могло да означава, че разглеждаме *специалната* и *общата* теории на относителността като две различни революции, а също, че квантовата теория и *полевата* квантова теория евентуално представляват две различни революции. Можем да си мислим, че тези четири теории се характеризират от фундаменталните роли на трите основни константи на Природата: Нютоновата гравитационна константа G , реципрочната на светлинната скорост c^{-1} и Планковата константа h . Когато се приеме, че и трите константи G , c^{-1} и h са равни на нула, получаваме Галилей -

Нютоновата физика (и гравитационното поле е просто още една сила). Специалната относителност се характеризира от ненулева крайна стойност на константата c^{-1} , като G и h са равни на нула. Айнщайновата обща теория на относителността идва, когато c^{-1} и G са ненулеви константи, но все още $h = 0$, като тук водещата физическа идея е фундаменталният *принцип за еквивалентността* между ефектите на ускоряването и на хомогенното гравитационно поле. (По-късно Картан показва как като граничен случай на Айнщайновата теория се получава геометрия, за която $h = c^{-1} = 0$ и която включва в своята структура ненулева стойност на G , а *Айнщайновият* принцип на еквивалентността напълно запазва своята валидност.) Квантовата теория се характеризира с наличието на фундаменталната ненулева константа h , но $G = c^{-1} = 0$, докато за квантовата теория на полето имаме ненулеви константи h и c^{-1} , но все още $G = 0$. Все още липсват пълни (и напълно допустими) теории, за които G и h едновременно са ненулеви (като принципът на еквивалентността е изцяло включен).

Заедно със специалната относителност възниква идеята за *пространствено-времевата геометрия на Минковски*, която се различава от геометрията на Евклид не само по това, че вместо три има четири измерения, но и с това, че метриката не е положително определена - това е т.нар. *Лоренцова метрика*. Общата относителност запазва това свойство, но геометрията вече е *изкривена* - в съответствие с развитите главно през 19-ти в. идеи на Риман и други математици. Квантовата теория се изгражда върху идеята за *комплексно Хилбертово пространство* и съдържа редица нови за фундаменталната физическа теория математически представи, каквито са например некомутиращите физически променливи. Теорията на групите играе фундаментална роля както в квантовата теория, така и в специалната теория на относителността. При съвременната квантова теория на полето идеите за функционални интеграли и за безкрайномерни функционални пространства заедно с някои други определят основното различие на тази теория от нейните предшественици.

Също така фундаментална за съвременната теория на полето и за физиката на елементарните частици е “калибровъчната връзка” - преди всичко идеята на диференциалната геометрия за свързаност, приложена към векторен сноп в пространство-времето, - която възниква от ранните догадки на Вайл относно начина, по който електромагнетизмът би могъл да се включи в Айнщайновата обща теория на относителността. Днешният “стандартен модел” на елементарните частици се определя в голяма степен от схващането за калибровъчна връзка (или поле на Янг - Милс) и със съответните уточнения този модел сега е в много добро съгласие с експеримента. Въпреки това той съдържа много числени параметри (17 и дори повече), както и редица очевидно произволни елементи, така че би било добре да се изясни какви са принципите, които ги обуславят.

Разбира се, математическата физика обхваща много други области освен тези, които по-горе означих като “фундаментални”. Когато системата включва голям брой частици, в играта влизат нови математически идеи. Теорията на флуидите е създадена през 17-ти в. с работите на Нютон и Даниел Бернули, през 19-ти в. тя стига до уравнението на Навие - Стоукс, а през 20-ти в. е доразвита с още много постижения. Въведената през 19-ти в. от Галоа и други математици теория на крайните групи преследва чисто математически цели, но заедно с това помага да вникнем в кристалната структура и във възможните модели на Вселената. Статистическата физика играе фундаментална роля в извънредно много области: газове, фазови преходи, Брауново

движение и др. В тези области се работи с твърде красива и дълбока математика, макар че тя до известна степен е независима от спецификата на физическите проблеми.

Вторият закон на термодинамиката и Болцмановата му интерпретация са основни за съвременната статистическа физика, но тук се намесва и нещо друго освен самото изучаване на системи от голям брой частици. Нас ни интересува откъде в действителност идва извънредно ниската ентропия в началното състояние на Вселената, от което в крайна сметка произтича вторият закон. Принудени сме да разглеждаме такава космология и структура на Големия взрив, при която началната ентропия е била “невероятно” ниска. Тук очевидно са преплетени най-дълбоките въпроси на фундаменталната физика. Проблемът е свързан със самата природа на Големия взрив и с въпроса защо той е толкова специален. Ще се върна на тези въпроси в следващия раздел.

Така стигаме до един друг кръг от въпроси. Беше отбелязано, че физиката на 20-ти в. създаде теории с невероятна ширина и точност и показва много по-дълбоко и поразително родство с математическите понятия в сравнение даже с най-великолепните по-ранни теории. Но съвременните теории имат своите дълбоки трудности. Общата теория на относителността например неизбежно ни довежда до *сингулярности* - поне за моделите на пространство-времето, които качествено представят ранната вселена или гравитационния колапс в черните дупки. Предсказва се, че в такива сингулярни области плътността и кривината (теоретично) стават безкрайни или биха станали такива, ако в тези области остават неизменни класическата физика и класическата геометрия на пространство-времето. По подобен начин и квантовата теория на полето се натъква на безкрайности с разходящи интеграли и суми. Процедурите на ренормировка и асимптотична свобода доведоха до напредък в тази теория, въпреки че тя е математически непоследователна. Но си остава фактът, че даже най-добрият образец за квантова теория на полето, а именно квантовата електродинамика, все още съдържа разходимости, въпреки че изцяло е подложена на процедурите на ренормиране.

От друга страна специалната теория на относителността се представя от една напълно съгласувана математическа структура - това е преди всичко 4-мерната псевдоевклидова геометрия на пространството на Минковски. Какво да кажем за обикновената квантова механика? Естествено Хилбертовото пространство също е съгласувана математическа структура, каквито са и унитарните трансформации, които описват неговите симетрии и които в съответствие с динамичното уравнение на Шрьодингер изразяват гладко и съгласувано еволюцията на квантовото състояние във времето. И все пак квантовото състояние на света не винаги еволюира по такъв начин. От време на време, когато се смята, че е направено “измерване”, състоянието прави “скок” в някакво собствено състояние на ермитов оператор, определен от конкретната експериментална ситуация в измерването.

Това ни довежда до неясния въпрос относно “реално” ставащите неща при квантовомеханичното измерване. На пръв поглед *редукцията на вектора на състоянието*, която се предполага, че става при измерването, е направо в крещящо противоречие с процеса на унитарната еволюция. Как физиците на 20-ти век се справят с това? Могат да се разграничат четири широки категории на възгледи по въпроса:

- “Копенхагенската” школа на Нилс Бор твърди, че векторът на състоянието в действителност не представя “реалност” на квантово равнище, а по-скоро “умствената нагласа” на експериментатора. Съответно “скокът”, възникващ при редукцията на вектора на състоянието, е просто резултат от дискретна промяна в *състоянието на знание* на експериментатора, а не физическо изменение, на което може да се приписва физическа реалност.

- Схващането за “разсъгласуване с околната среда” се опира на факта, че в процеса на измерването системата влиза в неделима връзка с околната среда и тъй като степените на свобода на последната се приемат за случайни и ненаблюдаеми, те трябва да бъдат “сумирани” и така се стига до описание с *матрица на плътността* вместо с вектор на състоянието. Когато тази матрица на плътността стане (ефективно) диагонална във физически подходящ базис, смята се, че “практически” физическата система се намира в състояние, което се представя от един от диагоналните елементи, като вероятността се дава от стойността на този диагонален елемент.

- Възгледът за “многото светове” приема, че векторът на състоянието еволюира по строго унитарен начин и че представя реалността. Поради това при измерването всички възможни резултати *съществуват едновременно*, но всеки от тях е обвързан с различно състояние на съзнанието на наблюдателя. Съответните различни състояния на съзнанието също са едновременно съществуващи, като всяко едно от тях съществува в различен “свят” и регистрира различен изход от измерването.

- Накрая съществува възможност конвенционалната формулировка на квантовата механика да е неокончателна и да е необходима някаква *нова физическа теория*, за да се придаде реален смисъл на процеса на измерването. Според някои от предложените нови схеми не съществуват наблюдаеми следствия, които да са различни от стандартната квантова механика (напр. схемата на Дьо Бройл - Бом или теорията за съгласуваните истории), но според други биха могли по принцип да съществуват експерименти, които да разкрият различията между новата теория и стандартната квантова механика.

В интерес на истината трябва да кажа, че в днешно време повечето физици се придържат към различни версии на първите *три* възгледа, които бих нарекъл “конвенционални”. Тези физици вероятно биха твърдели, че забележителните и без никакви изключения експериментални потвърждения на квантовомеханичните предсказания, а да не говорим за математическото изящество на квантовия формализъм, са доказателство, че не е нужна никаква промяна в съществуващата теория. И все пак много от тези физици вероятно изпитват известно неудобство при сегашното състояние на квантовата механика. Самият факт, че не съществува *единствена* напълно приета “интерпретация” на тази теория усилва това чувство на неудобство. Моята собствена позиция е, че нито една от тези “конвенционални” интерпретации не е задоволителна и затова в крайна сметка наистина ще потърсим нова теория и това ще бъде теория, чиито експериментални следствия се *различават* от тези на конвенционалната квантова механика.

2. Нова ли ще бъде физиката на 21-ви век?

Защо е необходима нова теория и при кои явления тази теория би дала различни резултати в сравнение със сегашната квантова теория? Моето виждане е, че съществува фундаментален конфликт между основните принципи на квантовата теория и тези на Айнщайновата обща теория на относителността. Той се проявява, когато става дума за квантова суперпозиция, където пространствено-времевите геометрии на състоянията, които подлежат на суперпозиция, се различават значително една от друга. Самата идея за унитарна (Шрьодингера) еволюция налага да се дефинира оператор на трансляция във времето, но последният изобщо е различен за всяко от участващите в суперпозицията състояния, като няма естествено разграничение между пространството и времето. Подобно разграничение вероятно би изисквало канонично понятие за точково съответствие между пространство-времената, подлежащи на суперпозиция, а подобна кореспонденция би нарушавала един от основните принципи на общата относителност - *принципа за общата ковариантност*. Съответно в оператора на Шрьодингер, съдържащ производна по времето, има съществена неопределеност, която се интерпретира като неопределеност на енергията E_G в състоянието на суперпозиция. В съответствие с принципа на Хайзенберг за неопределеността тази неопределеност на енергията означава, че суперпозицията е по принцип *неустойчива* с време на живот от порядъка на $\hbar/E_G$. За суперпозиция, включваща само две пространствено-времеви геометрии, величината E_G може да се оцени (в Нютоновата граница на ниски скорости и малки гравитационни потенциали) като *гравитационна собствена енергия на разликата между масовите разпределения* на въпросните две състояния.

Макар че енергията E_G може да ни се стори извънредно малка, оказва се, че пресметнатото по този начин време на живот в редица случаи не може да бъде пренебрегнато, въпреки че е трудно да се намери експериментална постановка, при която предполагаемият ефект да се различава от стандартните предсказания в съответствие с конвенционалните представи за разсъгласуваност. При все това като че ли е възможно да се измислят експерименти за проверката на това предположение. Понастоящем се обсъждат схеми, включващи поставянето на малък кристал с около 10^{15} атомни ядра в квантова линейна суперпозиция на две леко различаващи се положения. В съответствие с горното предположение суперпозициите трябва да се разпадат в едното *или* в другото положение за около една десета от секундата. Възможно е в началото на 21-ви в. да се осъществят експерименти, които ще ни позволят да изясним дали ще се наложи изменение на квантовомеханичните правила, когато в квантова суперпозиция са поставени силно различаващи се масови разпределения.

Лично аз съм дълбоко убеден, че ако такива експерименти бъдат осъществени и ако те могат да се разтълкуват недвусмислено, то тогава действително *ще се окаже*, че приетите сега закони на квантовата теория се нуждаят от промяна. Разбира се, може да се окаже, че аз не съм прав и че резултатите от тези експерименти противоречат на моите очаквания. А още по-незадоволителен резултат, от моя гледна точка, би било, ако експерименталните резултати потвърждават моите очаквания, но заедно с това могат да бъдат обяснени в рамките на конвенционалния квантов формализъм, така че въпросът ще остане открит. Все пак нищо не пречи да направим “оптимистичното” предположение, че подобни експерименти наистина ще се окажат сполучливи и че резултатите ще водят повече или по-малко недвусмислено към извода, че конвенционалният квантов формализъм действително се нуждае от промяна на равнището, където принципите на общата относителност започват да влизат в конфликт с тези на квантовата механика.

Ако допуснем, че е така, тогава какъв вид изменения в правилата на квантовата теория ще са нужни, за да се приведе тя в съгласие с принципите на общата относителност? Бихме ли могли да минем с относително малка промяна, при която например да има някакъв допълнителен член в уравнението на Шрьодингер или някое друго малко изменение? Например някоя малка нелинейност би могла да предизвика *неустойчивост*, така че суперпозицията на съществено различаващи се гравитационни полета, т.е. на пространствено-времеви геометрии, да се разпада в едната или в другата след някакво характеристично време. В действителност съществуват някои твърде силни ограничения върху вида на измененията, които могат да се направят, за да няма противоречие с принципа за каузалността, според който класическите сигнали не могат да се пренасят по-бързо от светлината. Нещо повече, ние не бива да забравяме трудностите, с които всяка една *релятивистична* обективна теория на редуцията на квантовото състояние се сблъсква във връзка с явлението на *квантово преплитане*. Да предположим, че двойка частици, двойка на Айнщайн - Подолски - Розен, е създадена при събитие с общ източник. Типичен пример за това е двойка частици, всяка от които е със спин 1, чийто източник е разпадането на частица със спин 0. Измерването на посоката на спина на една от спиновите частици автоматично принуждава спинът на другата да бъде в обратната посока. Това не може да се постигне с класически сигнал, разпространяващ се с подсветлинна скорост от едната до другата частица. Връзката между двете частици може да се нарече *квантов информационен канал*. Такъв канал може да наруши ограниченията на класическото предаване на сигнали, което забранява предаването на информация със скорост, по-голяма от тази на светлината. Обичайните закони на причинността изискват класическите сигнали да се разпространяват в бъдещето - вътре в или върху светлинните конуси на бъдещето. Но тези закони не се отнасят до явлението, известно като квантова информация, която е нещо качествено различно от информацията в обичайния смисъл.

Всичко това показва, че измененията на квантовия формализъм, които ще са нужни, за да може квантовата редуция на състоянието да се разглежда като обективно явление, ще представляват *фундаментална промяна* в нашата представа за света, а не просто едно относително малко изменение на конкретните уравнения, които прилагаме. Нещо повече, съществуват и други основания да вярваме, че някои от нашите любими принципи ще трябва да претърпят дълбока преработка. Отдавна се предвижда, че ще е необходима някаква подходяща теория на “квантовата гравитация”, за да бъдат разрешени вътрешните несъответствия както на общата относителност, така и на квантовата теория на полето. В случая на общата относителност възловият пункт са *пространствено-времевите сингулярности*. Както беше споменато по-горе, според “теоремите за сингулярностите” всеки реалистичен класически релятивистичен модел на ранната разширяваща се вселена или на късните стадии на гравитационния колапс трябва действително да притежава *сингулярности*. Предполага се, че в такава сингулярност пространствено-времевите кривини (обикновено) ще клонят към безкрайност и напълно класическата картина на пространствено-времевата структура става невалидна. Обаче нито една “конвенционална” теория на квантовата гравитация не изглежда способна да обясни необикновената *времева асиметрия*, която вероятно е най-основното свойство на сингулярната пространствено-времева структура. *Първоначалната* сингулярност на Големия взрив трябва да е била твърде специфична - поне до равнището на една част от 10 , повдигнато на степен 10^{123} , - докато крайните сингулярности, възникващи при черните дупки или в окончателния “голям срыв” (big crunch) на колапсиращата затворена вселена, изглеждат съвсем типични. Именно този необикновен контраст между началната и крайната сингулярна структура в крайна

сметка е отговорен за втория закон на термодинамиката. Съответно и търсената от нас квантова теория на гравитацията трябва според мен да бъде *асиметрична по времето*. Тъй като нито класическата обща теория на относителността, нито динамиката на стандартната квантова теория притежава времева асиметрия, това най-вероятно трябва да означава, че действително е необходимо нещо радикално ново.

Могат да се приведат аргументи, свързващи изискването за асиметрия по времето, наложено от липсващата връзка между квантовата физика и общата относителност, с необходимостта редукцията на вектора на състоянието да се представи като обективно явление. И това не е просто съществуването на втория принцип на термодинамиката, който изисква твърде специална структура на началната сингуларност на Големия взрив. Преките наблюдения показват, че ранната вселена е била необикновено еднородна. Това е съществен аспект на спецификата на ранната вселена - нещо, което също трябва да бъде изяснено. Днес е на мода схващането, че тази еднородност е резултат от ранна фаза на Вселената, в която е станало експоненциално разширяване, наричано *инфлация*. Не е лесно обаче да се накара инфлацията да работи, ако вече не е съществувала достатъчно голяма еднородна област във Вселената, с което ние се връщаме отново към изходния проблем за твърде специалната природа на началната сингуларност. Поддръжниците на това схващане обикновено не се занимават с по-сериозния въпрос за това как такова извънредно специално начално състояние на Вселената е станало причина да влезе в сила вторият принцип на термодинамиката. В инфлационния модел при квантово-гравитационното определяне на структурата на сингуларността проблемът за времевата асиметрия не е адекватно поставен. Нещо повече, в продължение на много години инфлационистите твърдяха, че от тяхното схващане следва дефинитивното предсказание, че пространствената геометрия на наблюдаемата вселена като цяло трябва да е *плоска*, докато през последните години наблюдателната космология сочи доста ясно към хиперболична (с отрицателна кривина) пространствена геометрия. По причини като тази аз лично бих се учудил извънредно много, ако инфлацията се окаже съществена част от физиката на 21-ви век.

Друга твърде модна идея във фундаменталната физика на 21-ви век е така наречената *теория на струните* (или "*на суперструните*"). Тя си поставя за цел да осъществи връзка между правилата на квантовата (полева) теория и на теорията на гравитацията като част от унификационната схема за всички основни сили и частици в природата. Един от важните нейни първоначални стимули беше премахването на безкрайностите в квантовата теория на полето. Като *гравитационна* схема тя е продължение на някои стари идеи на Оскар Клайн, че гравитационните ефекти биха могли да осигурят орязване на разходящите интеграли на квантовата теория на полето при характерното (квантово-гравитационно) *Планково* разстояние 10^{-35} m. Същественият нов момент, съдържащ се в теорията на струните, е замяната на точковата частица като фундаментална същност със "струни", които могат или да са със свободни краища, или да са затворени примки. Макар че тази теория се хвали с множество успехи - а няма съмнение, че тя стимулира редица интересни и ценни математически резултати, - все пак тя не е осъществила своите физически цели да постигне напълно съгласувана и добре дефинирана схема, свободна от разходимости, при все че е направила стъпки в тази посока. Към началото на 21-ви в. апостолите на тази теория пренасочиха вниманието си от "чистата" струнна теория към теория, съдържаща структури с по-висока размерност, т.нар. "мембрани" и др., и търсенията са насочени към загадъчната и все още липсваща 11-мерна "*М-теория*", призвана да

обедини всичките тези идеи в изчерпателна схема. Като част от тази унификация се предполага, че ще възникне правилният съюз на квантовата теория с пространствено-времевата теория и гравитацията.

Две основни съставки на съвременните струнни теории, *M*-теории и т.н. са *високата размерност* и *суперсиметрията*. Възгледът относно високата размерност, който води началото си от Калуза и Клайн в началото на 20-ти в., е, че четирите измерения на пространство-времето, които ние възприемаме непосредствено, са част от една $(n + 4)$ -мерна структура, за която n от измеренията са плътно нагънати до много малки мащаби, които се смята, че са от порядък на Планковата дължина, така че ние не можем пряко да ги възприемаме. Суперсиметрията се нуждае от няколко допълнителни измерения за своето описание посредством антикомутиращи променливи, които се разглеждат като подобни на обичайните пространствени и времеви координати. Суперсиметрията предсказва, че за всяка разновидност от бозони в природата трябва да има съответстваща разновидност фермиони и обратното. Досега обаче не е открит подобен “суперсиметричен партньор” за нито една частица.

Съществуват и много други опити за намиране на правилната връзка между Айнщайновата обща относителност и квантовата теория (на полето). Една от най-активно разработваните насоки и очевидно най-успешна е свързана с преформулираните от Аштекар Айнщайнови уравнения на полето, при което се стига до така наречените “примкови” (loop) променливи. Те притежават привлекателното свойство да представляват почти топологични същности и пораждат очакването, че идеята за метрика на пространство-времето би могла да е изводима от някои първични комбинаторни принципи.

Каквито и да се окажат подходящите идеи за обединяването на квантовата физика със структурата на пространство-времето, те най-вероятно ще се различават съществено от предлаганите досега схеми. Но когато такава теория възникне, ако тя наистина представлява нова революция в нашата картина на света, тогава непременно ще има дълбоки последствия. Те вероятно ще засегнат не само основни области на физиката, свързани с квантовата гравитация, като например пространствено-времевите сингулярности и квантово-полевите разходимости, но и такива на пръв поглед отдалечени области, каквито са например физиката на твърдото тяло и даже биологията. Очакват ни вълнуващи събития.

Превод (със съкращения): **Михаил Бушев**

(Roger Penrose, Mathematical Physics of the 20th and 21st Centuries. In: *Mathematics: Frontiers and Perspectives 2000*.)

* За Р. Пенроуз *вж.* статията на М. Бушев “Какво е разумът? От гледна точка на физиката?” в *Светът на физиката*, 2/98. - Бел. прев.

ФАБРИКИ ЗА ЧАСТИЦИ

д-р Динко Динев, ст.н.с. в ИЯИЯЕ – БАН

1. Фабрики за частици? А защо не.

Под фабрика за частици се разбира електрон–позитронен колайдър, оптимизиран за работа при енергията на определена частица/резонанс с маса от няколко GeV, такива като ϕ , J/ψ , или B мезони. При аниhilацията на електроните и позитроните в колайдъра се генерират чисти и интензивни снопове от тези частици, като целта е получаването на интензитети с няколко порядъка по-високи от получаваните досега при много нисък фон. От внимателното изучаване на особеностите на разпадането на “произведените във фабриката” частици се получава ценна информация за съществуващите в нашия свят симетрии и за тяхното нарушаване.

Във физиката на елементарните частици съществуват две основни направления на провежданите експериментални изследвания.

Първото направление е свързано със строителството на колайдъри (ускорители с насрещни снопове) за все по-висока и по-висока енергия (14 TeV за адронния колайдър LHC).

От съотношението на неопределеност, приложено в ултрарелативистката област, където $E = cp$, следва, че:

$$\Delta E \geq 2 \cdot 10^{-14} / \Delta x, \quad (1)$$

където ΔE е в GeV и Δx е в cm.

Следователно за проникването във все по-малки области са необходими снопове от частици с все по-висока енергия. Постигането на тази висока енергия изисква изграждането на огромни по своите размери и сложност колайдъри, което е по силите само на гигантски международни научни обединения. Цената на подобни съоръжения е стотици милиони USD.

Един алтернативен подход се състои в провеждането на много прецизни измервания с помощта на ускорители, работещи при относително ниска енергия (няколко GeV), но с много висока интензивност на сноповете. Като правило размерите и цената на подобни ускорители са по силите на една единствена изследователска лаборатория.

2. Има проблеми.

За да се генерират интензивни снопове от ϕ или B мезони в един електрон–позитронен колайдър, е необходимо той да има голяма светимост. Светимостта (L) е основна характеристика на един колайдър и представлява коефициента на

пропорционалност между сечението на изследвания процес (σ) и броя на регистрираните събития за 1 s (dN/dt):

$$dN/dt = L\sigma, \quad (2)$$

$$[L] = \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Показва се, че светимостта на един колайдър се изразява с формула (3) [1]:

$$L = hf_{rev} \frac{N\gamma_e^2}{2r_e\beta_y} (1+k) \quad (3)$$

В (3) r_e е класическият радиус на електрона, γ е релятивисткият фактор, f_{rev} е честотата, с която частиците се въртят в колайдъра, k е отношението на вертикалния към хоризонталния размери на снопа в точката на тяхното насрещно сблъскване, т.нар. interaction point (IP) и β_y е величина, описваща вертикалното фокусиране на частиците в тази точка. За да поясним значението на останалите величини в (3), трябва да напомним, че в един циклически ускорител ускоряваните снопове от частици не са непрекъснати, а се състоят от отделни порции или сгъстявания от частици. Тук ще използваме английския термин за една такава порция (сгъстяване) от частици – банч (bunch). В (3) с h е означен броят на банchoвете, а с N – броят частици във всеки банч.

При сблъскването на банchoвете на двата снопа (електронния и позитронния) в IP електронният банч “чувства” дефокусиращ ефект, свързан с електромагнитното поле на насрещния позитронен банч. И това дефокусиращо действие е толкова по-голямо, колкото е по-голям броят частици в банча. Това взаимно влияние на банchoвете в колайдъра се описва от параметъра ξ в (3). Ако ξ е голямо ($> 0,1$) възникват нестабилности в движението на частиците и голяма част от тях се губят при удари във вакуумната камера на ускорителя.

От (3) се вижда кои параметри на колайдъра трябва да се подобрят, за да се повиши неговата светимост.

Честотата на въртене f_{rev} се определя от размерите на ускорителя (дължината на орбитата), а те не могат да са много малки, за да може да се разположат детекторите и другото ускорително оборудване (на практика $f_{rev} < 10$ MHz).

От (3) се вижда, че голяма светимост означава много банchoве в ускорителя (голямо h) и голям брой частици във всеки отделен банч (голямо N). Така например в Ф-фабриката DAΦNE $h = 120$, а в В-фабриката PEP-II, $h = 1658$! В същото време броят на частиците в един банч в DAΦNE е $9 \cdot 10^{10}$, което означава среден ток по снопа в ускорителя 5 A! Огромният брой банchoве в колайдъра изисква той да се състои от два отделни ускорителни пръстена – електронен и позитронен. В противен случай ще има много паразитни взаимодействия между банchoвете извън IP.

Освен това снопът трябва да е фокусиран до много малки размери в IP (много малко β_y). В DAΦNE снопът се фокусира вертикално до 21 μm , а в PEP – II дори до 6,2 μm !

3. Сагата “ Незапазване на четността”.

Основна цел на изследователските програми на всички построени в последно време фабрики на частици (DAΦNE, PEP-II и KEKB), а също и на редица експерименти във вече съществуващи ускорителни центрове (OPAL и NA48 в CERN, CDF и E832 в Fermilab, CLEO в Cornell и HERA-B в DESY) е детайлното изучаване на нарушаването на четността при слабите взаимодействия.

Четността е фундаментална величина, характеризираща симетрията на една физическа система спрямо някои дискретни трансформации.

Т.нар. пространствена четност, Р-четност или просто четност, описва симетрията спрямо операцията на огледално отражение, т.е. спрямо инверсия на координатите:

$$x_i \rightarrow -x_i; \quad y_i \rightarrow -y_i; \quad z_i \rightarrow -z_i, \quad \text{в декартови координати и}$$

$$r \rightarrow r; \quad \theta \rightarrow \pi - \theta; \quad \phi \rightarrow \pi + \phi, \quad \text{в полярни координати.} \quad (4)$$

От съществуването в нашия свят на огледална симетрия следва, че вълновите функции, описващи движението в микросвета, биват два вида: четни и нечетни. Четните вълнови функции не се променят при операция (4), а нечетните си променят само знака. За четни системи $P = +1$, а за нечетни $P = -1$.

За изолирана система четността е интеграл на движението, т.е. не се променя с времето. Този фундаментален природен закон е в сила за електромагнитните и силните взаимодействия. Всички ядрени и субядрени процеси с електромагнитен или силен характер протичат по такъв начин, че сумарната четност на системата от взаимодействащи частици до и след взаимодействието остава неизменна.

Твърде изненадващо четността не се запазва при слабите взаимодействия.

Следвайки теоретичните изводи на Т. D. Lee и С. N. Yang, през 1957 г. С. S. Wu поставя сложен експеримент за измерване на ъгловото разпределение на електроните, излъчени при β -разпадането на поляризирани ядра на ^{60}Co . Wu наблюдава рязка асиметрия в това разпределение; в направление на вектора на поляризация се излъчват с 40 % повече електрони отколкото в противоположното направление. А това означава, че пространствената четност не се запазва!

Изход от първоначалния шок е намерен скоро от Е. Wigner. Той предполага, че физическите закони не се променят не просто при огледално отражение, а при комбинираната операция на огледално отражение (P) и зарядово спрягане (C), т.е. изменение на знаците на всички заряди без изключение, т.е. замяна на всички частици с техните античастици.

Комбинирането на пространствената четност (P) със зарядовата четност (C) водят до т.н. комбинирана четност или CP-четност (термин на Л. Д. Ландау). Лявоориентираните частици имат същото поведение, както дясноориентираните античастици.

До 1964 г. изглеждаше, че това твърдение е вярно за всички взаимодействия, но през 1964 г. при експерименти с неутрални К-мезони, проведени в Brookhaven с ускорителя AGS J. Cronin и V. Fitch (Нобелова награда за 1980 г.) показват, че при слабите взаимодействия не се запазва и СР-четността.*

Няколко думи за опита на J. Cronin и V. Fitch. Неутралните каони съществуват в две разновидности – краткоживущ K_S^0 (време на живот $\tau_S = 0,86 \cdot 10^{-10}$ s) каон и дългоживущ K_L^0 (време на живот $\tau_L = 5,4 \cdot 10^{-8}$ s) каон. K_S^0 се разпада на два π -мезона:



и тези процеси са СР-инвариантни, защото K_S^0 е СР-четна частица.

Дългоживущият каон K_L^0 обратно е СР-нечетна частица и се разпада до три пиона или по по-сложен начин. Именно затова неговото време на живот е по-голямо от това на K_S^0 .

J. Cronin и V. Fitch наблюдават, че в 0,2 % от всички разпадания дългоживущият неутрален каон се разпада на два пиона:



т.е. до една СР-четна система.

Комбинираната четност не се запазва при слабите взаимодействия!

Засега природата на нарушаването на СР-четността (СР violation) остава неясна. Огромното значение на това явление за окръжаващия ни свят обаче беше разбрано още през 1964 г., когато А. Д. Сахаров показа, че нарушаването на комбинираната четност дава обяснение за това как първоначално симетричната спрямо материя-антиматерия Вселена еволюира до наблюдаваната от нас доминирана от материя Вселена.

4. Първата Φ фабрика: DAΦNE.

DAΦNE е електрон-позитронен колайдър, оптимизиран да работи при енергия в СЦМ 1019,4 MeV, равна на масата на раждащите се при аниhilацията на електроните и позитроните ϕ -мезони - Фиг. 1.



Фиг. 1. Първата Ф-фабрика DAΦNE в LNF.

Тази фабрика работи в Националната лаборатория Frascati (LNF) край Рим от 1999 г. [2].

DAΦNE е колайдър, посветен главно на изучаването на нарушаването на CP-четността. Около 50 % от произведените в DAΦNE ϕ -мезони се разпадат на двойка K^+ и K^- мезони, а около 35 % - на двойка K_S^0 и K_L^0 мезони. С детектора KLOE се изследват нарушаващите CP-четността разпадания на K_L^0 на два пиона (0,2 % от всички случаи).

За да се набере в KLOE достатъчна статистика, е необходимо регистрирането на $2 \cdot 10^7$ нарушения на CP за година, а това от своя страна изисква светимостта на колайдъра да е $L = 10^{33} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Тази светимост е с два порядъка по-висока от максималната

светимост, достигана преди това в e^+e^- колайдъри (VEPP-2M в Новосибирск).

Основните параметри на DAΦNE са дадени в Таблица 1.

Детекторът KLOE ще позволи да се изучава нарушаването на CP-четността с точност до 10^{-4} , което ще позволи да се отговори на въпроса дали това явление се дължи на присъствието на малък примес от K_S^0 в K_L^0 -квантово състояние или имаме случай на директно нарушаване на CP-четността от CP-четната компонента на неутралния каон.

Таблица 1. Основни параметри на Ф фабриката DAΦNE.

Енергия на всеки сноп	0,51 MeV
Брой частици в банч	$8,9 \cdot 10^{10}$
Брой банчове на пръстен	120
Честота на ударите	368,25 MHz
Дължина на банча	30 mm
Размери на банча в т. на стълкновение	$X = 2 \text{ mm}; y = 20 \text{ }\mu\text{m}$
Среден ток на снопа	5,2 A
Светимост	$10^{33} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
Дължина на орбитата	97,7 m

5. Нарушаването на CP-четността и В-мезоните.

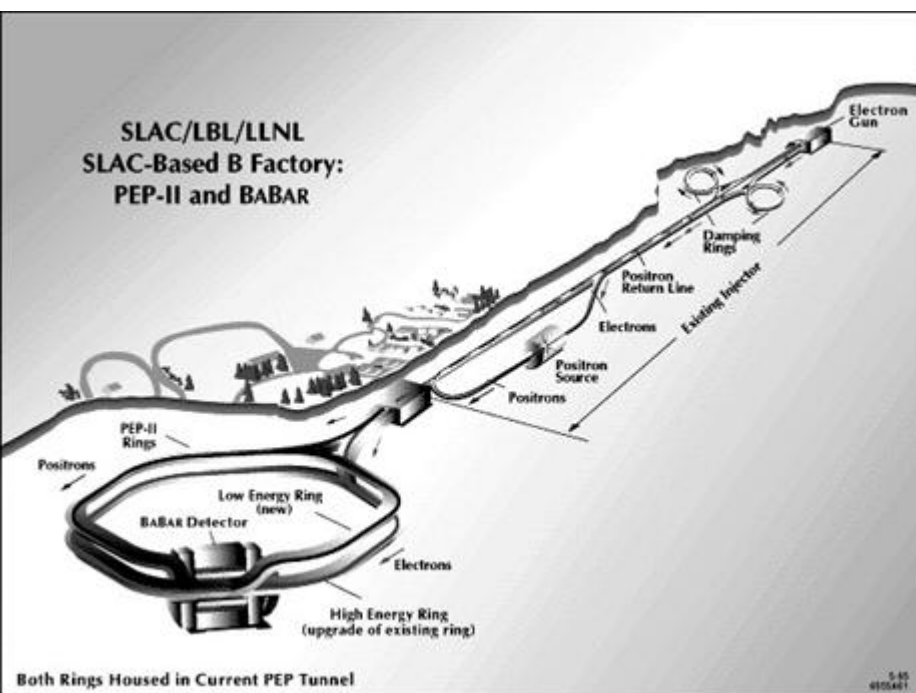
Досега нарушаването на CP-симетрията беше наблюдавано само при K_L^0 мезоните, един рядък процес. Съгласно съвременната теория на елементарните частици – Стандартния Модел (СМ) запазване на CP-четността трябва да се наблюдава и при разпадането на В-мезоните, като ефектът трябва да е много по-силен.

Съгласно СМ В-мезонът е частица, състояща се от един тежък “beauty” или “bottom” или просто b-кварк и един u- или d-кварк ($B^- = b\bar{u}$, $B^+ = \bar{b}u$, $B^0 = b\bar{d}$, $B^0 = \bar{b}d$). B^0 има маса 5,28 GeV.

Електрон-позитронните аниhilации в В-фабриките са мощен източник на В-мезони. Неутралните В-мезони се разпадат по много начини: на J/ψ и K_S^0 ; на $\psi(2s)$ и K_S^0 ; на χ_{c1} и K_S^0 ; на η_c и K_S^0 ; на J/ψ и K_L^0 ; на J/ψ и K^{*0} . Кварковите преходи, отговорни за нарушаването на CP-симетрията в СМ, се описват от една (3 x 3) матрица от комплексни величини, наречена СКМ матрица (Cabbibo-Kobayashi-Maskawa). Редовете и стълбовете на тази матрица отговарят на (u, c, t) и (d, s, b) кварки. Нарушаването на CP-четността е свързано с факта, че елементите на СКМ матрицата включват имажинерна част.

От наблюдения върху разпадането на К-мезоните се получава информация главно за елементите от втория стълб на СКМ-матрицата. От наблюдения върху разпадането на В-мезоните се получава информация главно за елементите от третия ред и третия стълб на тази матрица. Комбинация от двата вида експерименти дава информация за почти цялата СКМ-матрица, което е важно за експерименталната проверка на СМ.

Нарушаването на CP-четността се проявява в съществуването на асиметрия в разпадането на В и $\bar{B}$ мезоните. Мярка за асиметрията е величината $\sin 2\beta$, където β е един от ъглите в т.нар. триъгълник на унитарността (unitarity triangle). Тази величина може да се измерва експериментално.



ускоряват до енергия 3,1 GeV – Фиг. 2.

Фиг. 2. В-фабриката PEP-II в SLAC.

Електроните и позитроните, ускорени в двата пръстена, си взаимодействат в една точка, в която е разположен детекторът за изучаване на нарушението на CP-четността, наречен BaBar – Фиг. 3.

При аниhilациите на e^+ и e^- се получава мезон, известен като Upsilon(4s), който се състои от b - и $\bar{b}$ -кварки. Този мезон се разпада почти мигновено на двойка B - и $\bar{B}$ -мезони. Нарушаването на CP симетрията се проявява в малка разлика във времето на разпадане на B - и $\bar{B}$ -частиците. При различна енергия на електроните и позитроните (асиметричен колайдър) генерираните Upsilon(4s) и съответно B - и $\bar{B}$ -мезони се движат с голяма скорост, а това е решително важно за измерването на много малкото време на разпадане на B -мезоните (една трилионна част от секундата).

Основните параметри на В фабриката PEP-II са дадени в Таблица 2.

6. В фабрики: PEP-II и KEK-B.

За изучаване на нарушаването на CP-четността при разпадането на B -мезоните са построени две фабрики за B -частици: PEP – II и KEK - B.

PEP-II е симетрична B -фабрика, построена в SLAC, Stanford с обединените усилия на SLAC, Lawrence Berkeley Laboratory (LBL) и Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) [3]. Тя се състои от два ускорителни пръстена. В единия пръстен (HER) електрони ще се ускоряват до енергия 9 GeV, а в другия (LER) позитрони ще се

BABAR DETECTOR FOR THE PEP-II B FACTORY

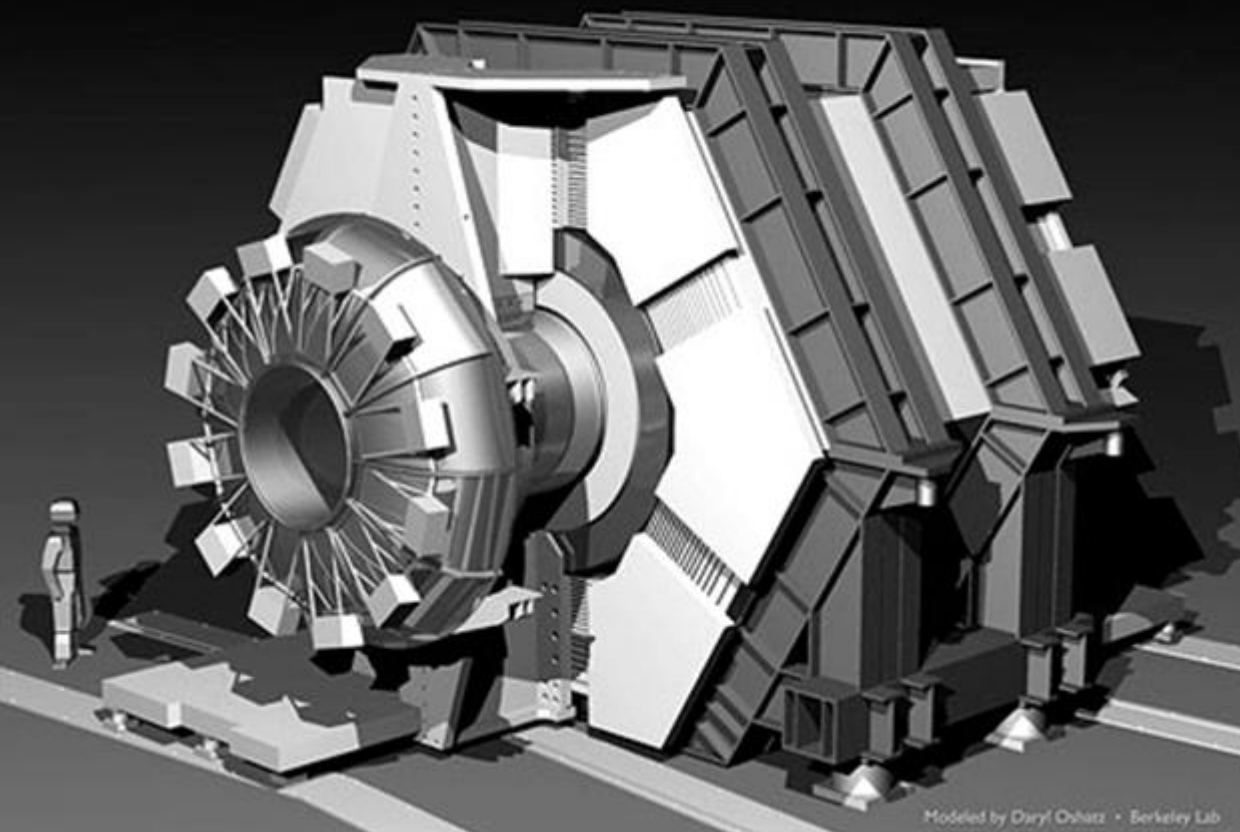


Рис. 3.
Детектор
ът ВаВар
в РЕР-II.

Таблица 2. Основни параметри на В фабриката PEP-II.

	HER	LER
Енергия [GeV]	9	3,1
Периметър [m]	2200	2200
Брой банчове	1658	1658
Ток на снопа [A]	1,0	2,1
Светимост [$\text{cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$]	3.10^{33}	

PEP-II започна работа през 1998 г.

КЕК-В е 3,5 x 8,0 GeV асиметричен електрон-позитронен колайдър, построен специално за изучаване на нарушаването на СР-четността при разпадането на В-мезоните в японската национална лаборатория КЕК в Tsukuba [4]. Колайдърът започна да работи през 1998 г. През септември 2001 г. в КЕК-В беше постигната най-високата светимост в историята на колайдърите $L = 4,49.10^{33} \text{ cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ [5]. Нарушаването на СР-симетрията в КЕК-В се изследва с помощта на детектор, наречен BELL.

Основните параметри на КЕК-В са дадени в Таблица 3.

Таблица 3. Основни параметри на В-фабриката КЕК-В.

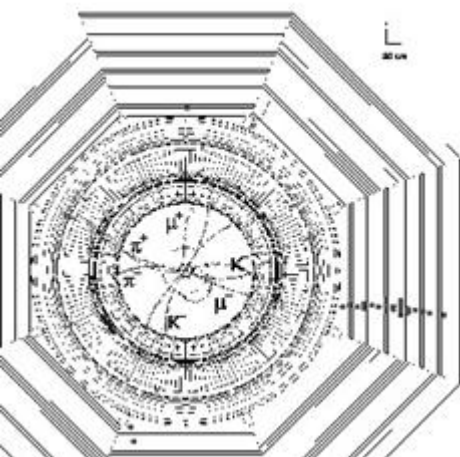
	HER	LER
Енергия [GeV]	8	3,5
Периметър [m]	3018	3018
Брой банчове	5120	5120
Частици в банч	$1,4.10^{10}$	$3,3.10^{10}$
Ток на снопа [A]	1,1	2,6
Светимост	1.10^{34}	

7. Горещи резултати.

За времето на написването на тази статия (ноември 2001 г.) на базата на измерени 32 милиона В, $\bar{B}$ -двойки експериментът BaBar в SLAC докладва за следната измерена стойност на параметъра на асиметрия $\sin 2\beta = 0,59 \pm 0,14 \text{ (stat)} \pm 0,05 \text{ (syst)}$ [6].

В същото време експериментът BELLE в КЕК докладва за измерена стойност $\sin 2\beta = 0,99 \pm 0,14 \text{ (stat)} \pm 0,06 \text{ (syst)}$, Фиг. 4.

Тези стойности са отлични от нула с точност над 3σ и ясно показват, че се наблюдава нарушение на СР-четността и при системата на неутралния В-мезон.



Ако се използват всички предишни експерименти по CP- и B-мезона се получава една усреднена стойност $\sin 2\beta = 0,79 \pm 0,12$, която е много близка до предсказаната от CM стойност $\sin 2\beta = 0,70 \pm 0,12$.

Без всякакво съмнение тези последни експерименти напълно потвърждават предложения през 1973 г. от М. Kobayashi и Т. Maskawa теоретичен модел, който днес е неразривна част от Стандартния Модел.

Фиг. 4. Реконструкция на едно събитие с нарушаване на CP-четността в детектора BELLE.

Литература

1. M. Serio, G. Vignola. Review of Φ -Factories. European Particle Accelerator Conference, EPAC'94, London, 1994, p. 399.
2. M. Zobov. Status Report on DAΦNE Performance. European Particle Accelerator Conference, EPAC'2000, Vienna, 2000, p. 43.
3. J. T. Seeman et al. Status Report of PEP-II Performance. European Particle Accelerator Conference, EPAC'2000, Vienna, 2000, p. 38.
4. Y. Funakoshi et al. KEKB Performance. European Particle Accelerator Conference, EPAC'2000, Vienna, 2000, p. 28.
5. Japan's KEKB offers unprecedented luminosity. CERN Courier, September, 2001, p. 6.
6. Observation of CP violation in the B^0 meson system. SLAC Preprint, No SLAC-PUB-8904, Stanford, 2001.
7. Observation of Large CP Violation in the Neutral B Meson System, KEK Preprint, No 2001-50, Tsukuba, 2001.

* Вж. статията на М. Бушев "Каонът и стрелата на времето", *Светът на физиката*, т. 22, кн. 2'99, стр. 98 – бел. ред.

ЕЛЕМЕНТАРЕН ИЗВОД НА ЕКВИВАЛЕНТНОСТТА НА МАСА И ЕНЕРГИЯ*

Алберт Айнщайн

Специалната теория на относителността израсна от електромагнитните уравнения на Максвел. Стана така, че дори в извода на механичните понятия и техните връзки разглеждането на електромагнитното поле изигра съществена роля. Въпросът за независимостта на тези връзки е естествен, понеже Лоренцовите трансформации, реалната основа на специалната теория на относителността, сами по себе си не засягат теорията на Максвел и не знаем до каква степен енергетичните концепции на Максвеловата теория могат да бъдат поддържани от данните на молекулярната физика. При следващите разглеждания, с изключение на Лоренцовите трансформации, ще се основаваме само на приемането на принципите за запазване на импулса и енергията. Започваме с обосноваване на изразите за енергия и импулс на материална частица по известния начин. Основният инвариант на Лоренцовите трансформации е

$$ds^2 = d^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

или

$$ds = dt(1 - u^2)^{1/2},$$

където

$$u^2 = \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2 = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2.$$

Ако се разделят компонентите на контравариантния вектор (dt, dx, dy, dz) на ds , се получава векторът

$$\left(\frac{1}{(1-u^2)^{1/2}}, \frac{u_1}{(1-u^2)^{1/2}}, \frac{u_2}{(1-u^2)^{1/2}}, \frac{u_3}{(1-u^2)^{1/2}} \right).$$

Нека (dt, dx, dy, dz) принадлежи на мировата линия на материална частица с маса m . Вектор, свързан с движението на последната, получаваме, като умножим с четиривектора на скоростта, който току-що написахме. Така имаме

$$(\eta^\sigma) = \left(\frac{m}{(1-u^2)^{1/2}}, \frac{mu_i}{(1-u^2)^{1/2}} \right),$$

където индексът i пробягва стойностите от 1 до 3. Пренебрегвайки третата степен на скоростта, можем да изразим компонентите на този вектор така:

$$(\eta^\sigma) = \left(m + \frac{1}{2}mu^2, mu_i \right)$$

Пространствените компоненти на (η) в това приближение съвпадат с компонентите на импулса в класическата механика, докато времевата компонента, като изключим адитивната константа m , изразява кинетичната енергия на материалната точка.

Следователно, ако се върнем към точния израз за (η) , е естествено да разглеждаме

$$\frac{m u_1}{(1-u^2)^{1/2}}$$

като импулс и

$$m \left(\frac{1}{(1-u^2)^{1/2}} - 1 \right)$$

като кинетична енергия на частицата. Обаче как да се интерпретира самата времева компонента $m/(1-u^2)^{1/2}$, изразът за която има напълно реален смисъл? Тук е естествено да му се даде директно смисъла на енергия и следователно да се припише на точкова маса в състояние на покой енергия на покой m (в обикновени единици mc^2).

Разбира се, този извод не може да претендира да бъде доказателство, тъй като по никакъв начин не е показано, че именно този импулс удовлетворява принципа за запазване на импулса и тази енергия - принципа за запазване на енергията, ако няколко еднакви частици взаимодействат помежду си; би могло да се случи в тези принципи за запазване да са включени други изрази за скоростта.

Освен това не е напълно ясно какво се разбира, когато се казва *енергия на покой*, тъй като енергията е определена само с точност до неопределена адитивна константа; във връзка с това обаче трябва да се отбележи следното: Всяка система може да се разглежда като материална точка дотогава, докато не вземем пред вид други процеси освен изменения в нейната транслационна скорост като цяло. Има обаче ясен смисъл да се разглеждат изменения в енергията на покой при други промени, които не се свеждат до чисти изменения в транслационната скорост. Тогава горната интерпретация изисква при такива процеси нейната инерционна маса да се променя както енергията на покой; естествено това твърдение изисква доказателство.

Това, което ще покажем сега, е следното: Ако принципите за запазване на импулса и енергията са в сила за всички координатни системи, които са свързани помежду си чрез Лоренцовите трансформации, то импулсът и енергията действително се дават чрез горните изрази и предполагаганата еквивалентност на масата и енергията на покой също съществува.

Започваме с някои прости кинематични следствия на Лоренцовите трансформации:

$$t = \frac{t' + vx'}{(1-v^2)^{1/2}}, \quad x = \frac{x' + vt'}{(1-v^2)^{1/2}}, \quad y = y', \quad z = z',$$

където v е относителната скорост на координатните системи K и K' . Същите релации са в сила и за диференциалите dx и т.н. Чрез подходящо делене се получава законът за трансформиране на скоростите:

$$u_1' = \frac{u_1' + v}{1 + u_1' v}, u_2' = \frac{u_2' (1 - v^2)^{1/2}}{1 + u_1' v}, u_3' = \frac{u_3' (1 - v^2)^{1/2}}{1 + u_1' v},$$

От това се получава

$$u'^2 = \frac{u'^2 + 2u_1' v + v^2 - u_2'^2 v^2 - u_3'^2 v^2}{(1 + u_1' v)^2}$$

и

$$\frac{1}{(1 - u'^2)^{1/2}} = \frac{1 + u_1' v}{(1 - u'^2)^{1/2} (1 - v^2)^{1/2}},$$

както и

$$\frac{u_1'}{(1 - u'^2)^{1/2}} = \frac{u_1' + v}{(1 - u'^2)^{1/2} (1 - v^2)^{1/2}},$$

$$\frac{u_2'}{(1 - u'^2)^{1/2}} = \frac{u_2'}{(1 - u'^2)^{1/2}}, \frac{u_3'}{(1 - u'^2)^{1/2}} = \frac{u_3'}{(1 - u'^2)^{1/2}}.$$

Сега въвеждаме понятието *двойка частици*. Под това разбираме две материални точки с равни и противоположни скорости спрямо K' (и по-късно ще бъдат избрани с равни маси). Двете частици са означени с индексите “+” или “-“. Следователно $u_+^i = u_-^i$, $u_{1+}^i = -u_{1-}^i$ и т.н. Прилагайки към тях нашите трансформационни уравнения, получаваме след събиране

$$\frac{1}{(1 - u_+^2)^{1/2}} + \frac{1}{(1 - u_-^2)^{1/2}} = \frac{2}{(1 - u'^2)^{1/2} (1 - v^2)^{1/2}},$$

$$\frac{u_{1+}}{(1 - u_+^2)^{1/2}} + \frac{u_{1-}}{(1 - u_-^2)^{1/2}} = \frac{2v}{(1 - u'^2)^{1/2} (1 - v^2)^{1/2}}, \quad (1)$$

$$\frac{u_{2+}}{(1 - u_+^2)^{1/2}} + \frac{u_{2-}}{(1 - u_-^2)^{1/2}} = 0,$$

$$\frac{u_{3+}}{(1 - u_+^2)^{1/2}} + \frac{u_{3-}}{(1 - u_-^2)^{1/2}} = 0.$$

Сумите в левите страни на тези уравнения зависят следователно само от скоростта u' на двойката спрямо специалната система K и относителната скорост v на K' спрямо K , но не и от направлението, в което се движат частиците.

Ще забележим, че уравненията (1) могат да се получат по-просто, ако се разгледа непосредствено трансформацията на сумата от четири векторите на скоростите

на двойка частици. Аз обаче съм избрал горното представяне, защото законите за запазване загатват за този 3-мерен нехомогенен запис.

Сега преминаваме към същността на разглежданията. Приемаме, че импулсът и енергията на материална точка са дадени с изрази от вида

$$I_\nu = m u_\nu F(u), \quad E = E_0 + m G(u), \quad (\nu = 1, 2, 3),$$

където F и G са универсални четни функции на скоростта u , които се анулират при $u = 0$. Тогава $m G(u)$ е кинетичната енергия, E_0 е енергията на покой на материалната точка, m - масата на покой или просто масата. Тук се приема, че импулсът и енергията на точкова маса не зависят от посоката на движението и ориентацията на точковата маса спрямо скоростта. Освен това се приема, че в импулса и енергията се появява една и съща постоянна маса, m , за което обаче по-късно ще намерим частично оправдание.

Сега ще разгледаме нецентрален еластичен удар между две частици с равни маси. Координатната система K' може да се избере винаги така, че в нея скоростите на масите преди удара да са равни по големина и противоположни по посока. Какви са скоростите в K' след удара? Ако скоростите след удара не са също така равни и противоположни, законът за запазване на импулса би се нарушил. Ако общата скорост на двете маси след удара не би била равна по големина на тази преди удара, то при еластичен удар би се нарушил законът за запазване на енергията. Това е в сила независимо от конкретния вид на закона за зависимост на импулса и енергията от скоростта. Следователно ударът изменя само посоката на движение на двете точкови маси спрямо K' . Ние можем да изразим това накратко както следва. Двойката частици преди удара се трансформира след удара отново в двойка частици със същата скорост u' .

Дясната страна на (1) следователно не се променя от удара. Тогава от (1) следва, че спрямо K за състоянията преди и след удара имаме уравненията:

$$\begin{aligned} \frac{1}{(1-u_+^2)^{1/2}} + \frac{1}{(1-u_-^2)^{1/2}} &= \frac{1}{(1-\bar{u}_+^2)^{1/2}} + \frac{1}{(1-\bar{u}_-^2)^{1/2}}, \\ \frac{u_{1+}}{(1-u_+^2)^{1/2}} + \frac{u_{1-}}{(1-u_-^2)^{1/2}} &= \frac{\bar{u}_{1+}}{(1-\bar{u}_+^2)^{1/2}} + \frac{\bar{u}_{1-}}{(1-\bar{u}_-^2)^{1/2}}. \end{aligned} \quad (2)$$

Величините с черта отгоре са тези, които се отнасят за състоянието след удара. Тези уравнения, които са валидни изобщо при еластичен удар на равни маси, имат вида на уравнения за запазване; следователно може да се смята, че няма други симетрични или антисиметрични функции на компонентите на скоростта, които в разглеждания случай на еластичен удар на две еднакви маси да дават подобни съотношения. Затова ще разглеждаме

$$\frac{m u_1}{(1-u^2)^{1/2}} \quad (3)$$

като импулс и

$$m \left(\frac{1}{(1-u^2)^{1/2}} - 1 \right) \quad (4)$$

като кинетична енергия на частицата.**

Сега да се обърнем към доказателството на твърдението, че масата е равна на енергията на покой. За пълната енергия E на движеща се частица ще вземем

$$E = E_0 + m \left(\frac{1}{(1 - v^2)^{1/2}} - 1 \right), \quad (4a)$$

където предполагаме, че E_0 (енергията на покой) и m могат да се изменят в случай на взаимодействия на материални точки, които не са еластични.

Сега ще разгледаме нееластичен удар между две частици с равни маси и равни енергии на покой, които преди удара отново образуват двойка частици спрямо K' (скоростите са равни и противоположни). Приемаме тук за простота, че вътрешните промени, които изпитват материалните точки при удара са еднакви. От закона за запазване на импулса спрямо K' следва както по-горе, че крайните скорости на двете частици трябва да бъдат равни и противоположни ($\bar{u}'_+ = -\bar{u}'_-$). Тогава законът за запазване на енергията дава съответно за K' и K

$$2E_0 + 2m \left(\frac{1}{(1 - v^2)^{1/2}} - 1 \right) = 2\bar{E}_0 + 2\bar{m} \left(\frac{1}{(1 - \bar{v}^2)^{1/2}} - 1 \right),$$

$$\begin{aligned} & 2E_0 + m \left(\frac{1}{(1 - v_+^2)^{1/2}} - 1 \right) + m \left(\frac{1}{(1 - v_-^2)^{1/2}} - 1 \right) \\ &= 2\bar{E}_0 + \bar{m} \left(\frac{1}{(1 - \bar{v}_+^2)^{1/2}} - 1 \right) + \bar{m} \left(\frac{1}{(1 - \bar{v}_-^2)^{1/2}} - 1 \right). \end{aligned}$$

Тъй като точките образуват двойка преди и след удара, въз основа на (1) последното уравнение може да се напише във вида

$$\begin{aligned} & E_0 - m + \frac{mv^2}{(1 - v^2)^{1/2}} \\ &= \bar{E}_0 - \bar{m} + \frac{\bar{m}\bar{v}^2}{(1 - \bar{v}^2)^{1/2}}. \end{aligned}$$

Написваме аналогично първото уравнение във вида

$$E_0 - m + \frac{mv^2}{(1 - v^2)^{1/2}} = \bar{E}_0 - \bar{m} + \frac{\bar{m}\bar{v}^2}{(1 - \bar{v}^2)^{1/2}}. \quad (5)$$

Умножавайки последното уравнение с $1/(1 - v^2)^{1/2}$ и изваждайки от предишното, получаваме

$$[(\bar{E}_0 - E_0) - (\bar{m} - m)] \left(\frac{1}{(1 - v^2)^{1/2}} - 1 \right) = 0,$$

или

$$\bar{E}_0 - E_0 = \bar{m} - m. \quad (6)$$

Следователно при нееластичен удар енергията на покой се изменя адитивно, така както масата. Тъй като енергията, поради природата на понятието, е определена само с точност до адитивна константа, може да се уговорим E_0 да се анулира едновременно с m . Тогава ще имаме просто

$$E_0 = m,$$

което изразява принципа за еквивалентност на инерциалната маса и енергията на покой.

Ако приложим закона за запазване на импулса към x -тата му компонента, следва (при нееластичен удар), че

$$m \frac{u_{+1}}{(1-u_+^2)^{1/2}} + m \frac{u_{-1}}{(1-u_-^2)^{1/2}} = \bar{m} \frac{\bar{u}_{+1}}{(1-\bar{u}_+^2)^{1/2}} + \bar{m} \frac{\bar{u}_{-1}}{(1-\bar{u}_-^2)^{1/2}},$$

или чрез прилагане на второто от уравненията (1) за състоянието преди и след удара,

$$\frac{m}{(1-u^2)^{1/2}} = \frac{\bar{m}}{(1-\bar{u}^2)^{1/2}}.$$

Същата връзка следва и от уравнения (5) или (6), които бяха получени от принципа за запазване на енергията. Ако от самото начало бяхме използвали израз за импулса с масова константа различна от тази за енергията, тези разглеждания биха показали, че "импулсната маса" при нееластичен удар се изменя както "енергийната маса". Това е частично извинение за изравняването на двете масови константи.

Резултатът от това разглеждане следователно е следният. Ако при удари на материални точки законите за запазване са в сила за произволна (Лоренцова) координатна система, то от това следват добре известните изрази за импулса и енергията, както и валидността на принципа за еквивалентност на масата и енергията на покой.

Професор Г. Д. Биркхоф привлече вниманието ми към това, че в книгата, която той е написал в сътрудничество с професор Р. Е. Лангер, *Относителност и съвременната физика*, са дадени съвсем аналогични разглеждания за удари на частици, както и за импулса и енергията. Въпреки това мисля, че настоящият извод заслужава известен интерес.

Така например, в споменатата книга се използва съществено понятието *сила*, което в релятивистката теория няма такова пряко значение, както в класическата механика. Това е свързано с факта, че в последната силата се разглежда като дадена функция на координатите на всички частици, което очевидно е невъзможно в теорията на относителността. Поради това избягнах въвеждането на понятието сила.

Освен това се стремях да избягвам каквито и да било допускания относно трансформационните свойства на импулса и на енергията спрямо Лоренцовите трансформации.

Превод: А. Карастоянов

(Bulletin (New Series) of the American Mathematical Society, 1999, **37** (1), 39-44)

* Единадесета Гибсънова лекция, изнесена в Питсбърг на 28 дек. 1934 г. под патронажа на Американското математическо дружество, на общо събрание на дружеството, на Американското физическо дружество и на секция А на Американското дружество за развитие на науката. Публикувана е за пръв път в Bull. Amer. Math. Soc. 1935, **41**, 223-230.

** Този израз естествено трябва да се анулира при $u = 0$; затова той се дефинира като енергия, необходима да придаде (без вътрешно изменение) скорост u на първоначално покояща се частица.

НАНОФИЗИКА - редакционна бележка

Списание *Scientific American* посвети цял брой (от септември 2001 г.) на различни аспекти на т.нар. нанотехнология - от нейните физически основи (нанофизиката) и техническите ѝ реализации (наноструктури, наноелектроника) до наномедицината, нанороботиката и (може ли без нея?) нанофантастиката. За интересувашите се читатели на края на предлаганата тук статия помества кратки справки за споменатите статии и съответните адреси в Интернет.

Редакцията благодари на колегата Асен Петров за любезността да предостави съответния брой на *Scientific American* (Vol. 285, No 3).

НАИСТИНА ИМА МНОГО МЯСТО

Майкъл Рукс

През месец декември 1959 г. бъдещият Нобелов лауреат Ричард Файнман* произнася пророческата си и в днешно време толкова често цитирана лекция, озаглавена *“На дъното има твърде много място”*. Това става на срещата на Американския Съюз на Физиките в Калифорнийския Технологически Институт (Калтех), който вече е станал интелектуален дом за Файнман, какъвто днес е и за мен. Файнман едва ли е предполагал, че кратката му лекция (от 7000 думи) ще обяви възникването на нанотехнологията, значително преди каквото и да било “нано” да се е появило на хоризонта.

“Това, за което искам да говоря”, казва той, “е проблемът за работата с, и управлението на нещата в малък мащаб Така аз показвах, че има богати възможности на практика да се умаляват размерите на нещата. А сега искам да покажа, че там има много място. Няма да обсъждам как може да се осъществи това, а само какво е възможно по принцип ... И ако все още него правим, то е, защото още не сме стигнали до него.”

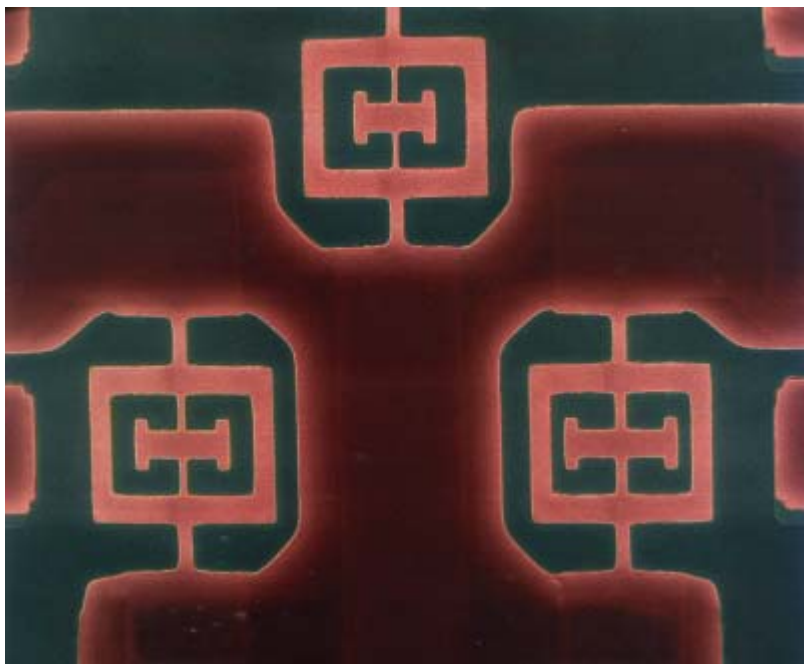


Фиг. 1. РИЧАРД ФАЙНМАН предсказва възникването на нанотехнологията в основополагащата си лекция в Калтех през 1959 г. “Принципите на физиката”, казва той, “не забраняват нещата да се управляват атом по атом.” Но той също предвиждаше, че ще са валидни уникални закони, някои от които днес вече са открити.

Поразителна е широтата на Файнмановото предвиждане. Преди повече от 4 десетилетия той предсказва цял спектър от научни и технически области, много от които вече са развити, като между тях са: електроннолъчева и йоннолъчева обработка, молекулнолъчева епитаксия, нанопечатна литография, проекционна електронна микроскопия, обработка с отделни атоми, квантова електроника, спинова електроника (наричана също спинтроника) и микроелектромеханични системи (MEMS).

Вече можем да говорим за нанотехнологична златна треска. Почти всички големи фондации за наука и технология обявиха своя интерес към тази област. Стотици изследователи и десетки институти са се устремили в тази посока. Но искам най-чистосърдечно да заявя, че твърде често многозначителният префикс “нано” все още не означава, че са постигнати поставените от Файнман цели.

Направили сме само първите няколко крачки към осъществяването на неговото широкомащабно предвиждане за сглобяване на сложни механизми и електронни схеми атом по атом. В днешно време направеното е все още твърде примитивно. Все още сме твърде далеч от масовото производство на наносистеми - интегрални многокомпонентни наноустройства със сложността и широкия спектър от функции, които ни се осигуряват от съвременните микрочипове. Но заедно с това тук е налице и фундаментален научен проблем. Все по-ясно ни става, че се намираме едва *в началото* на онези знания, които ще бъдат в сърцевината на бъдещата нанотехнология. Тази нова наука се отнася до свойствата и поведението на атомни и молекулни агрегати, чиито мащаби са все още недостатъчно големи, за да се смятат за макроскопични, но заедно с това са далеч по-големи от микроскопичните обекти. Това е науката за *мезомащабите* и докато не я овладеем, трудно ще осъществим нещо на практика.



Фиг. 2. Новите наноуреди, каквито са тези наноелектромеханични резонатори, позволяват на учените да откриват физичните закони, управляващи уникалните свойства на веществото в мезомащаби.

В днешно време учените и инженерите лесно строят наноструктури в мащаби от един до неколкостотин нанометра; те наистина са малки, но са значително по-големи от простите молекули. В такива мезомащаби веществото трудно се изучава. То съдържа прекалено много атоми, за да може лесно да се разбере чрез прякото прилагане на квантовата механика (макар че фундаменталните закони все още са валидни). От друга страна такива системи не са така големи, че да са напълно независими от квантовите ефекти; така че те не се подчиняват непосредствено и на класическата физика, която управлява макросвета. Именно в тази междинна област, в мезосвета, възникват неочакваните свойства на колективните системи.

Изследователите подхождат към тази преходна област, като използват допълващи се методи “отгоре-надолу” и “отдолу-нагоре” за изготвяне на образци. Напредъкът в нанотехниката “отгоре-надолу”, каквато например е електроннолъчевата литография, позволява да се постига почти атомномащабна прецизност, но колкото повече намаляваме мащаба - до няколко нанометра, толкова по-трудно е както създаването на образци, така и тяхната възпроизводимост. Алтернативната техника

“отдолу-нагоре” се използва при *самосглобяването* на атоми. Но засега програмираното самосглобяване на произволно големи системи, чиято сложност да е сравнима с тези, които ежедневно се създават в микроелектрониката, в МЕМС и (естествено) в Майката Природа, изобщо не се мярка на хоризонта. Както изглежда, подходът “отгоре-надолу” най-вероятно ще остане задълго основен метод за построяване на истински сложни устройства.

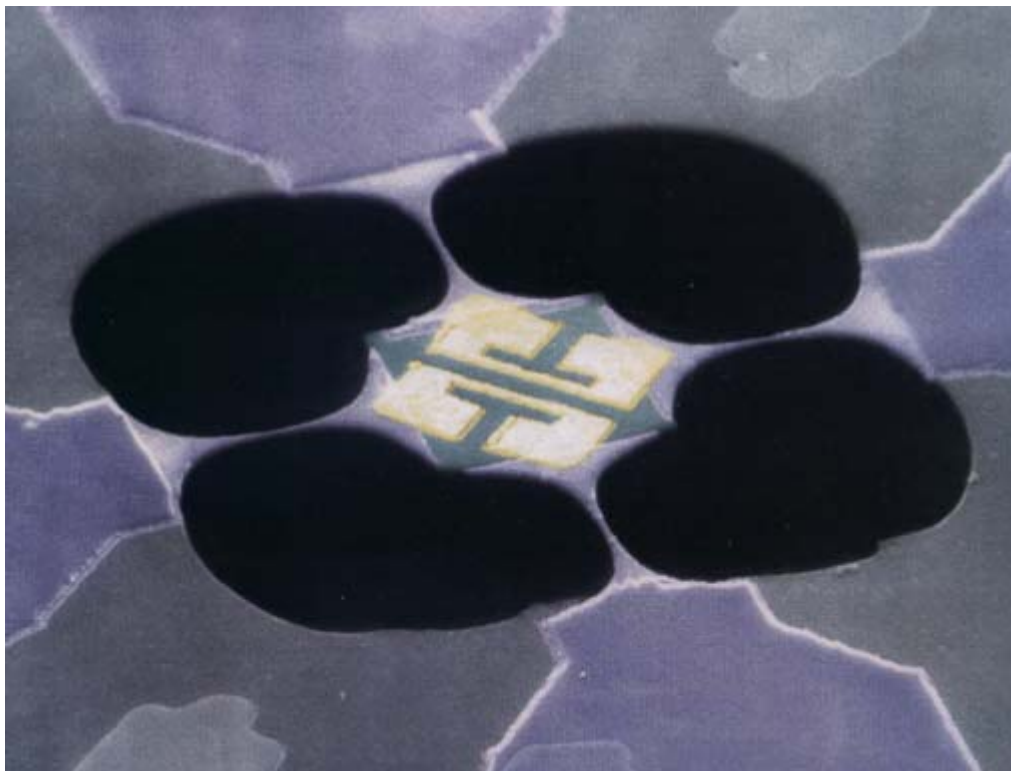
Трудностите в приближаването към мезомащаба както отгоре, така и отдолу разкриват едно основно предизвикателство пред физиката. В последно време Файнмановата идея за “многоото място” започна да се възприема в буквален смисъл като “всичко е възможно” в нанотехнологията. Само че Файнман никога не е твърдял такова нещо. Той например предупреждава, че самият опит да *“подреждаме атомите един по един по желания от нас начин”* се управлява от фундаментални принципи: *“Вие например можете така да ги подредите, че те да са химически неустойчиви”*. В съвременните сканиращи микроскопи ние бихме могли да преместваме атоми от едно на друго място върху приготвена повърхност, но тази възможност съвсем не означава, че можем да построим каквито си пожелаем сложни молекулни съвкупности. Постигнатото до този момент, макар и доста внушително, все пак е твърде скромно. Ние вероятно ще изнамерим начини да заменим образуването на отделни атомни връзки с по-обща условия. Но при опита ни да създадем сложни мрежи от такива връзки, те със сигурност ще си влияят взаимно по начини, които още не разбираме и затова не можем да управляваме.

Със своите предвиждания Файнман очевидно е очаквал да възбуди интерес към тази област на изследвания. Ако можеше да види днешното състояние на нещата, той навярно би се разтревожил от това, че понякога догадките му се възприемат като окончателни истини. Неговите научни мечти носят белезите на характерната игривост, съчетана с дълбока проникателност. За наше неудоволствие областта, която по-късно ще бъде наречена нанотехнология, е само една от многоото области на физиката, които го интересуваха. Той повече не се занимава с нея и само веднъж се връща към темата, когато през 1983 г. в Лабораторията по реактивно движение (Jet Propulsion Laboratory) прави резюме на оригиналната си лекция от 1959 г.

Преобладават новите закони

През 1959 г. и даже през 1983 г. пълната физическа картина в наномащаб съвсем не беше изяснена. Добрата новина за изследователите е, че в общи черти тя все още си остава такава! Огромна екзотична територия чака да бъде изучена. Когато навлезем в нея, ние ще разкрием изобилие от явления, които трябва да разберем, за да стане възможна практическата нанотехнология. Изтеклите две десетилетия донесоха проявяването на съвършено нови, фундаментални физически принципи, управляващи мезоскопското поведение. Нека разгледаме три важни примера.

През есента на 1987 г. в Холандия дипломантът Барт ван Веес от Техническият университет на Делфт и Хенк ван Хутен от лабораториите Филипс заедно със сътрудници изучават електричния ток през квантови точкови контакти. Това са тесни провеждащи мостове, през които електроните са принудени да преминават (вж. фиг. 4). Една късна вечер студентът Лео Кувенховен, работещ с Веес, измервал проводимостта през стеснението, чиято ширина той последователно изменял. Изследователската група очаквала да наблюдава плавни и незначителни изменения на проводимостта. Вместо това се появила много ясно изразена стъпаловидна картина. По-нататъшният анализ през същата нощ показал, че хоризонталните участъци възникват на точно определени интервали.



Фиг. 3.
Наномостово
то
устройство
позволи на
физиците от
Калтех
първи да
наблюдават
квантуването
на
топлопровод
ността -
фундаментал
на граница за
топлинния
поток в
миниатюрни
обекти.
Четири
дупки
(черни),

ецвани в мембрана от силициев нитрид, формират изолиран топлинен резервоар (централният квадрат), който е свързан чрез четири тесни моста. Единият златен сензор нагрява по електричен начин този резервоар, а другият измерва неговата температура. Тънки свръхпроводящи филми върху мостовете осъществяват електрична връзка с измервателната апаратура, без да пренасят топлина. Поради това резервоарът се охлажда само през мостовете от силициев нитрид, които са толкова тесни, че пропускат само топлинните вълни с най-ниска енергия.

Подобни резултати са наблюдавани от Дейвид Уоръм и Майкъл Пепър в Кеймбриджския университет. Откритието е първата проява на *квантуване на електричната проводимост*. Това забележително свойство на малките проводници се проявява, когато вълновият характер на електроните се поддържа трайно от “източника” до “дренажа” (входа и изхода) на наноелектронното устройство.

Файнман отчасти предвижда подобно странно поведение: *“Мислел съм по някои от проблемите, свързани с построяването на електрични схеми в малки мащаби, и смятам, че проблемът със съпротивлението е сериозен ...”* Но експерименталните открития посочиха нещо истински ново и фундаментално: квантовата механика може изцяло да управлява поведението на малки електрични устройства.

Преките прояви на квантовата механика в подобни устройства бяха предсказани през 1957 г. от Ролф Ландауър, теоретик от IBM, който пръв разви някои от идеите в наномасштабната електроника и във физиката на компютърната техника. Но едва през средата на 1980-те години контролът върху наноматериалите позволи този режим да се подложи на лабораторни изследвания. Откритията от 1987 г. предизвестиха настъпването на ерата на “мезоскопията”.

Втори важен пример за новооткрити мезомасштабни закони, довели до зараждането на нанотехнологията, беше идеята, формулирана през 1985 г. от Константин Лихарев, млад професор по физика в Московския държавен университет, заедно с неговия аспирант Александър Зорин и дипломанта му Дмитри Аверин. Те предсказаха, че учените ще бъдат способни да управляват движението на единични

електрони върху и вън от т.нар. кулонов остров - проводник, който е слабо свързан с останалата част от нановеригата. Това би създало основата на съвършено нов тип устройство, наречено едноелектронен транзистор. Физическите ефекти, възникващи при поставянето на единичен електрон върху кулонов остров, стават толкова по-силни, колкото островът става по-малък. В много малките устройства тези едноелектронни зарядови ефекти могат напълно да определят тока.

Подобни съображения стават все по-съществени от технологична гледна точка. Прогнозите за промишленото развитие на полупроводниковото производство сочат, че към 2014 г. минималният характерен размер на транзисторите в компютърните чипове ще се намали до 20 нанометра. При такъв размер всяко превключване ще обхваща еквивалента на около осем електрона. От решаващо значение ще станат схемите, в които адекватно е взето под внимание едноелектронното зареждане.

Към 1987 г. постиженията в нанопроизводството позволиха на Теодор Фултън и Джералд Долън от лабораториите Бел да конструират първия едноелектронен транзистор (вж. Фиг. 5). Наблюдаваното от тях едноелектронно зареждане (то сега се нарича кулонова блокада) по-късно е установено в широк спектър от структури. Колкото по-малки стават експерименталните устройства, толкова повече явлението кулонова блокада се превръща в правило, а не е изключение в слабо свързаните наномасштабни устройства. Това особено се отнася до експериментите, в които електричните токове минават през отделни молекули. Последните могат да действат като кулонови мостове по силата на тяхната слаба връзка с електродите, водещи обратно към макросвета. Използването на предимствата на този ефект и получаването на устойчива, възпроизводима връзка с малки молекули (така че тази връзка действително да може да се управлява) са част от многото важни предизвикателства в новата област на молекулната електроника.

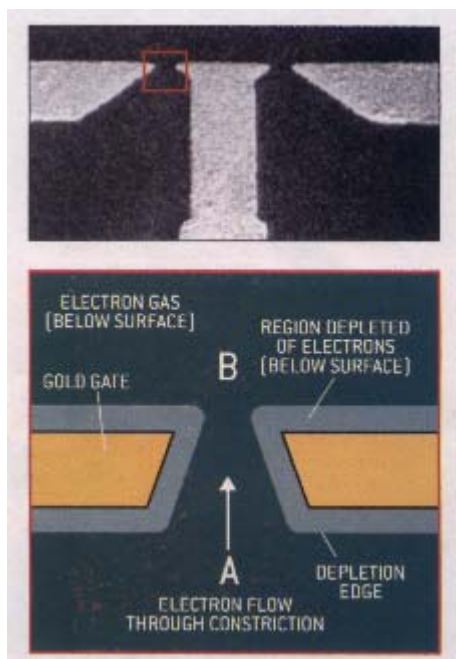
На този фон през 1990 г. аз бях в лабораториите Бел, където изучавах електронния транспорт в мезоскопични полупроводници. В един съпровождащ проект заедно с колегите Лари Шавоне и Аксел Шерер започнахме да разработваме техника, с която се надявахме да изясним квантовата природа на *топлинния* поток. Тази работа изискваше много по-изтънчени наноструктури от плоските образци, използвани при изучаването на мезоскопската електроника. Бяха ни нужни свободно висящи устройства и структури с развит тримерен релеф. В блаженото си невежество аз изобщо не предполагах, че тези експерименти ще се окажат неимоверно сложни и ще ни отнемат почти цяло десетилетие, за да ги осъществим.

Първите значителни стъпки бяха направени, когато през 1992 г. се преместих в Калтех и заработихме заедно с Джон Уорлок от университета на Юта и двама аспиранти. Томас Тай разработи методите и устройствата, с което направихме първите преки измервания на топлинен поток в наноструктури. По-късно Кейт Шваб преработи схемата на висящите наноструктури и добави свръхчувствителни свръхпроводникови уреди за опити при ултраниски температури, където ефектите са най-ясни.

В края на лятото на 1999 г. Шваб най-после започна да наблюдава топлинен поток през наномостове от силициев нитрид (вж. фиг. 3). Още първите данни показаха, че в мезоскопичните структури възниква фундаменталната граница за топлинния поток. Проявата на тази граница сега се нарича квант на топлопроводността. Последният определя максималната скорост, с която топлината може да се провежда от едно отделно вълноподобно механично трептене, разтеглено от входа до изхода на наноустройството. Той е подобен на кванта на електропроводността, но управлява топлинния пренос.

Този квант е важен параметър за наноелектрониката, защото представя граница в проблема за дисипацията. Казано кратко, всички “активни” устройства изискват за

работата си малка енергия и за да бъде работата им устойчива и без прегряване, ние трябва така да ги проектираме, че дисипираната от тях топлина да се извлича навън. Колкото инженерите повишават плътността на транзисторите и честотите на микропроцесорите, толкова по-монументална става задачата микрочиповете да се поддържат хладни и така да се предотвратява пълното разрушаване на системата. При нанотехнологията този проблем може да става само още по-остър.



Фиг. 4. КВАНТУВАНЕ НА ЕЛЕКТРОПРОВОДНОСТТА. През 1987 г. Барт ван Веес и сътрудниците му от университета на Делфт и от лабораториите Филипс (все в Холандия) построиха нова структура (микрограф), която разкри един основен закон, управляващ нанотехнологичните вериги. Златните гейтови електроди (светлите области) са нанесени върху полупроводникова подложка (тъмният фон). Вътре в подложката, на около 100 нанометра под повърхността ѝ, е създаден плосък слой, провеждащ токоносителите, наричани двумерен електронен газ. Гейтовете и газът действат подобно на кондензаторни плочи.

Когато върху гейтовете се наложи отрицателно напрежение, електроните в газа под тях и малко отвъд тяхната периферия биват изтласкани встрани. (Диаграмата показва това състояние.) Когато приложеното отрицателно напрежение се увеличи, “ръбът на областта с намален брой електрони” се увеличава. При даден праг носителите от двете страни на

стеснението (между точките А и В) се разделят и проводимостта на устройството става нула. От този праг нагоре проводимостта не расте плавно, а се изменя стъпаловидно, като стъпалата възникват при стойности, определени от величината $2e^2/h$ (e - електронен заряд, h - Планковата константа). Тази константа, наречена квант на електропроводността, показва, че електричният ток в наноструктурите се квантува.

Спирайки се даже на тази сложност, Файнман казва: “Ако дори лагерите останат без смазка, те няма да се загреят, защото топлината излиза много бързо навън от такова малко устройство”. Но нашите опити показаха, че природата все пак е малко по-рестриктивна. Квантът на топлопроводността може да поставя ограничения върху ефективността, с която едно много малко устройство може да разсейва топлина. Предвиждането на Файнман може да бъде вярно само ако наноструктурата е така конструирана, че тези ограничения да се взимат под внимание.

От горните три примера можем да стигнем само до един извод: засега само едва сме започнали да вникваме в сложните и удивително разнообразни начини, по които наномасштабните системи се държат. Откритието на квантите на електрична и топлинна проводимост и на кулоновата блокада представлява истински скокообразни изменения - резки промени в нашите разбирания. В днешно време нямаме навика да наричаме откритията си “закони”. И все пак аз не се съмнявам, че явленията на едноелектронно зареждане и на квантувани електро- и топлопроводност действително принадлежат към универсалните правила на наноструктурите. Това са новите закони на наносвета. Те не противоречат, а проясняват и подсилват някои от оригиналните Файнманови предсказания. Действително, той като че ли е предвидил тяхната поява: “На атомно равнище срещаме нови видове сили и нови възможности, нови типове ефекти. Затова

проблемите, свързани с направата и възпроизвеждането на тези материали, ще бъдат съвсем различни.”

По пътя към нанотехнологията ще срещнем много такива скокообразни изменения. Тези плодотворни насоки ще се развиват в пряк синхрон с нашите възможности да наблюдаваме, изучаваме и управляваме наномашабните структури. Но именно затова би било разумно да бъдем по-умерени и предпазливи в прогнозите си относно нанотехнологиите.

МЕДЪТ И ЖИЛОТО НА НАНО

Често наносветът се изобразява от новелисти, футуристи и в популярните издания като област на неограничени възможности. Все пак това не е ултраминиатюрен вариант на Дивия Запад. *Не* всичко е позволено там - съществуват *закони*. Две конкретни илюстрации произтичат от областта на наноелектромеханичните системи (НЕМС).

Да вземем разработваните като сензори миниатюрни механични уреди. Наноструктурите като че ли предлагат грандиозен потенциал: колкото по-малко е едно устройство, толкова по-чувствителни са неговите физически свойства към измененията. Пример за това са резонансните детектори, които често се използват за регистриране на маси. Вибрациите на даден малък механичен елемент, например миниатюрен камертон, са тясно свързани с масата на елемента, така че прибавянето на малко количество страничен материал ще отмести резонансната честота. Резултатите в нашата лаборатория показват, че наноустройствата могат да се направят толкова чувствителни, че вече става възможно “претеглянето” на отделни молекули и атоми.

Но въпросът има и своята тъмна страна. Върху повърхността на всяко устройство непрестанно се абсорбират и десорбират газови атоми и молекули. Ако устройството е макроскопично, това ще доведе до пренебрежими изменения на неговата маса. Но за наноструктурите изменението може да бъде значително. Газовите молекули, удрящи резонансния детектор, променят по случаен начин резонансната честота. Очевидно колкото по-малко е устройството, толкова по-неустойчиво е то. Тази неустойчивост може да се окаже сериозен недостатък на различните видове футуристични електромеханични устройства за обработка на сигнали. Възможно е проблемът да може да се заобиколи например чрез прилагането на вериги от наномеханични устройства, които да осреднят флуктуациите. Но за отделните елементи проблемът изглежда непреодолим.

Втори пример за това, че “не всичко е възможно” в наносвета, се отнася повече до икономиката. Той е свързан с ултраниските равнища на мощността, при която работят наномеханичните устройства. Физиката налага фундаментален праг за минималната операционна мощност: вездесъщите случайни топлинни трептения на дадено механично устройство налагат долна граница на шума, под която реалните сигнали все по-трудно могат да се различават. За практическа употреба наномеханичните устройства работят оптимално при равнища на сигналите, които са хиляди или милиони пъти по-високи от този праг. Но такива равнища са все още милиони и дори милиарди пъти по-ниски от мощността, при която работят конвенционалните транзистори.

Предимството за прилагането в бъдещи сигналопреработващи системи или компютри е, че даже милион наномеханични елементи биха разсеяли средно само една милионна част от вата. А такива свръхмаломощни системи могат да намерят много широко разпространение за евтини и ултраминиатюрни “умни” сензори, които непрекъснато да наблюдават *всички* важни функционални звена в болници, производства, в самолети и т.н. Идеята за ултраминиатюрни уреди, които извънредно

бавно изтощават храняващите батерии, а освен това могат да притежават достатъчна компютърна мощ, за да функционират автономно, е извънредно привлекателна.

Но и тук се натъкваме на тъмна страна. Режимът на ултраниски мощности е доста чужд за съвременната електроника. Наномашабните устройства ще се нуждаят от съвсем нови архитектури, които да са съвместими с удивително ниските прагове на мощността. Тази нова перспектива едва ли ще се приеме много радушно от компютърната промишленост с нейните огромни инвестиции в съвременните устройства и методологии. Днес един нов завод за полупроводници струва повече от 1 милиард щатски долара и той вероятно ще трябва да подмени много от инсталациите си, за да бъде полезен. Убеден съм обаче, че перспективите на наномашабните устройства в крайна сметка ще наложат такива промени.

МОНУМЕНТАЛНИ ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА

Няма съмнение, че ще трябва да се справим с огромен брой проблеми, преди потенциалът на наномашабните устройства да започне да се осъществява. Макар че всяка област на изследване има свои собствени грижи, някои от темите се открояват като общи за всички. Така например две фундаментални трудности, с които се сблъсква съвременната работа върху наномеханичните устройства, са от значение за цялата нанотехнология. Те са:

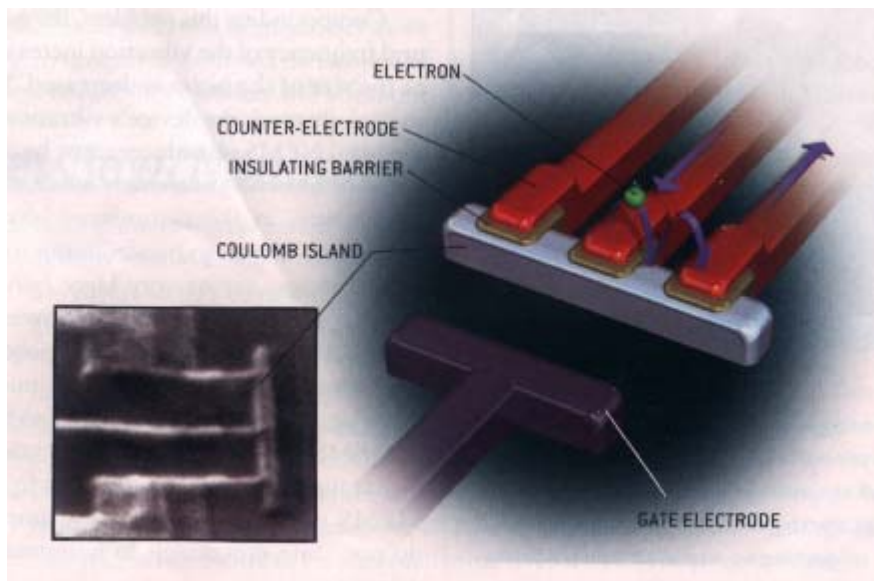
1. *Търсене на връзки между макросвета и наносвета.* НЕМС са невероятно малки, но тяхното движение може да бъде далеч по-малко. Така например една наномашабна твърда пръчка, закрепена в двата си края, трепти с минимално хармонично изкривяване, когато амплитудата на нейното трептене се поддържа да остава малка част от нейната дебелина. За пръчка дебела 10 нанометра тази амплитуда е само няколко нанометра. Създаването на високоефективни усилватели за предаване на информация от такова устройство към макросвета означава, че информацията трябва да бъде разчитана с още по-голяма прецизност.

Проблемът се усложнява от факта, че естествената честота на трептенето расте, когато размерът на пръчката намалява. Така че за да се проследяват пълноценно трептенията на уреда, идеалният НЕМС усилвател трябва да е в състояние да различава извънредно малки отмествания, в интервала от пикометри до фемтометри (10^{-12} m до 10^{-15} m), при извънредно широка честотна лента (простираща се до микровълновия диапазон). Тези неделими изисквания налагат едно истински монументално предизвикателство, което значително превишава онези, с които се сблъскваме при работата си с МЕМС. Едно допълнително усложнение е това, че повечето от методологиите на МЕМС са неприложими - те просто не са пригодни за наномашабите.

Тези трудности в установяването на връзка между наносвета и макросвета са типични за развитието на нанотехнологията. В края на краищата технологията ще се определя от надеждните и инженерно добре разработени комуникационни линии, които по същество водят до индивидуални макромолекули. Макар че в смелите си мечти футуристите говорят и за самопрограмиращи се нанороботи, на които са нужни инструкции от макросвета само в началото, когато те се пускат в действие, по-вероятно е в обозримо бъдеще приложенията на нанотехнологиите да изискват някакви форми на обратна връзка с макросвета. Така че проблемът за връзката ще си остане централен.

Създаването на подобна връзка неизбежно води до твърде реалната възможност за косвена повреда. Квантовата теория ни учи, че процесът на измерване почти винаги внася смущение в квантовата система. Това може да остава валидно даже когато увеличаваме мащаба от атоми и молекули до наносистеми, съдържащи милиони или милиарди атоми. При съединяването на една наносистема със сонди, които предават сведения към макросвета, винаги в някаква степен се изменят свойствата на

наносистемата и се губят някои от нейните достойнства. Въвеждането на необходимите за тази комуникация усилватели ще доведе не само до увеличаване на размера и сложността на наносистемата. Те по необходимост ще извличат част от нейната енергия и с това ще влошат функционирането ѝ. Всяко измерване има своята цена.



Фиг. 5.
ЕДНОЕЛЕКТРОНИКА.
Напредъкът в създаването на нанообразци позволи на Теодор Фултън и Джералд Долън през 1987 г. да построят в лабораториите Бел едноелектронен транзистор (вж. микрографа). В тази структура за пръв път е осъществено управлявано движение на отделни електрони през наноустройство.

Неговата сърцевина е кулонов остров - метален електрод, изолиран от противоположните му електроди с помощта на тънки изолиращи окисни бариери (диаграмата). Противоположните електроди извеждат към макромасщабна лабораторна апаратура за правене на експериментите. Един допълнителен гейтов електрод (той се вижда само на диаграмата, но не на микрографа) е отделен от кулоновия остров чрез малък процец; този електрод позволява да се осъществява пряк контрол върху вкарвания в острова заряд. Електричният ток протича през устройството от единия противоположен електрод до другия, както е в обикновен токов контур, но тук той е ограничен от стъпаловидното прескачане на електрони към и от кулоновия остров.

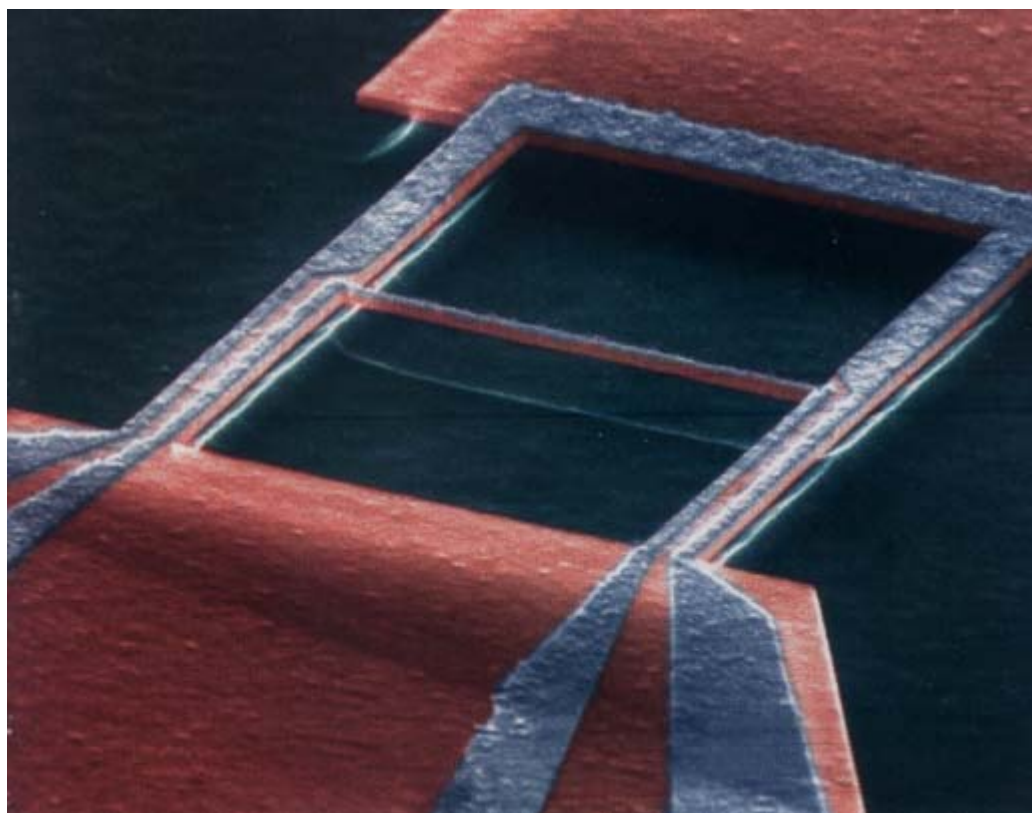
Експериментите на Фултън и Долън демонстрират както фундаменталната физика на едноелектронното презареждане, така и възможностите на тези устройства като свръхчувствителни електрометри - уреди, които с леснота могат да регистрират единични електронни заряди. Токовите контури, в които електричният ток се носи във всеки един момент от единичен електрон, в бъдеще може би ще съставят основата на един напълно нов клас наноелектроника. Развитието на такава наноелектроника обаче посочва заедно с това типа проблеми, на които ще се натъкваме при намаляването на конвенционалните токови контури до наномасщаби.

2. *Повърхности.* Колкото повече намаляваме размерите на МЕМС до НЕМС, толкова повече се засилва ролята на повърхността. В голямата си част физиката на твърдото тяло е основана върху приемането, че за телата отношението повърхност/обем е пренебрежимо малко, т.е. че физическите свойства винаги се доминират от обемната физика. Наномасщабните системи са толкова малки, че тази предпоставка изцяло губи валидност.

Така например механичните устройства, основани върху монокристални, свръхчисти материали, могат да съдържат извънредно малко (даже няколко) кристалографски дефекти и примеси. Първоначалната надежда беше, че в резултат на това ще имаме само извънредно слабо затихване на механичните трептения в монокристалните НЕМС. Но колкото повече намаляваме размерите на механичните устройства, толкова по-ясно виждаме, че загубата на акустична енергия расте пропорционално на растящото съотношение повърхност/обем. Това говори

недвусмислено за ролята на повърхността в процесите на загуба на вибрационна енергия в тези устройства. В една типична силициева пръчка с ширина 10 нанометра и дължина 100 нанометра повече от 10 % от атомите са на или близо до повърхността. Ясно е, че тези атоми ще играят централна роля, но точно *каква* е много трудно да се определи.

В този контекст т.нар. нанотръбни структури като че ли идеално подходат. Нанотръбата е кристална пръчка, която много добре подхожда за интересувашите ни миниатюрни трептящи системи. Тъй като по нейното протежение не стърчат никакви химически групи, може да се очаква, че взаимодействието с “чужди” материали при нейната повърхност ще бъде минимално. Но не е така. Макар нанотръбите да имат идеални характеристики, когато са поставени в чиста среда или при свръхвисок вакуум, поставените в по-обикновени условия образци, намиращи се в контакт с въздух или с водни пари, демонстрират твърде различни електронни свойства. Подобна чувствителност показват и механичните свойства. Така че повърхностите *наистина* са от значение. Като че ли няма изход от това положение.



Фиг. 6.
НАНОМЕХ
АНИЧНИЯ
Т
УСИЛВАТ
ЕЛ
преодолява
трудния
проблем на
връзката с
макросвета,
като дава
до 1000-
кратно
увеличение
на слабите
сили. Двата
окачени
моста (ляв
и десен) от
монокристален
силициев

карбид поддържат напречния централен мост, към който се прилага силата на сигнала. Тънкослойните (сребърни) електроди над тези структури регистрират с голяма чувствителност наномасштабното движение.

ЗАКЛЮЧИТЕЛНИ БЕЛЕЖКИ

Нужно е футуристично мислене, за да се правят големи скокове напред. Още през 19-ти в. химикът Кекуле казва: *“Трябва да се научим да мечтаем, за да търсим истината ... Но трябва да се въздържаеме да публикуваме мечтите си, преди те да са намерили ясно потвърждение.”*

Това изцяло се отнася до нанонауката. Можем да поддържаме будни футуристичните си мечти, но трябва да държим буден и реализма на очакванията си. Както изглежда, всеки път, когато постигаме десетократно по-различен и вероятно по-

добър режим, две неща се случват. Първо, възниква някакво удивително и непредвиджано научно явление. А заедно с него изниква цяла серия от неочаквани и трудни проблеми. Това правило остава валидно всеки път, когато постигаме намалени размери, повишена чувствителност, увеличена разделителна способност, по-силни магнитни и електрични полета, по-ниски налягания и температури и т.н. Колкото по-сложни са системите, толкова по-непредсказуеми са техните свойства, когато се екстраполират различните условия.

Трябва да сме готови за всякакви изненади в света на наномасштабите.

КРАТКА СПРАВКА ЗА НАНОФИЗИКАТА

Бидейки по-малки от микроскопичните обекти, но по-големи от молекулите, нанотехнологичните устройства съществуват в уникалната област на мезомасштабите, където свойствата на материята се управляват от сложна и богата комбинация на класическата физика с квантовата механика.

Инженерите няма да могат да осъществят надеждни или оптимални наноустройства дотогава, докато не вникнат във физичните принципи, който доминират в мезомасштаби.

Учените откриват мезомасштабните закони, като изготвят необикновени, сложни системи от атоми и изследват тяхното интригуващо поведение.

След като постигнем научните основи на нанотехнологията, ние напълно ще осъзнаем пророческото предсказание на Ричард Файнман: природата е запазила много място в наносвета, за да стане възможно създаването на необикновено разнообразие от полезни за човека устройства.

(Michael Roukes. *Plenty of Room, Indeed*. **Scientific American**, Vol. 285, No 3, pp. 48 - 57.)

Бележки на преводача

1. МАЙКЪЛ РУКС е професор по физика в Калтех. Ръководи група, която изучава наномасштабни системи. Една от целите на групата е да постигне многократно (10^9 пъти) по-чувствителни калориметрични устройства, които биха позволили да се наблюдават отделни топлинни кванти. Друга още по-висока цел е да се постигне 10^{15} пъти увеличение на чувствителността на магнито-резонансното изобразяване, което би позволило да си получават зрителните образи на сложни биомолекули с тримерно различаване на атомите. (Групата на Рукс: www.its.caltech.edu/~nan).

2. Оригиналната лекция на Р.Файнман *There's Plenty of Room at the Bottom*: www.its.caltech.edu/~feynman.

3. Вж. също: Michael Roukes, *Nanoelectromechanical Systems face the Future*. *Physics World*, Vol. 14, No 2 (physicsweb.org/article/world/14/2/8).

4. КРАТКИ РЕФЕРЕНЦИИ за останалите статии на тема нанофизика, поместени в същия брой на *Scientific American*:

а) Гери Стикс. *Малката голяма наука* (с. 32-37). Критичен анализ на състоянието в тази област, завършващ с пожеланието да се изясни какво е реално и какво не е в "нано".

б) Джордж Уайтсайдс и Кристофър Лав. *Изкуството да се правят малки неща* (с. 38-47). Методи за създаване на наноструктури, литографски техники, биологични маркери за клетъчна активност.

в) Чарлз Лийбър. *Невероятният малък токов контур* (с. 58-65). Наноелектрониката ще се развие, когато се научим да свързваме във вериги създадените вече

наноелектронни компоненти (транзистори, диоди и т.н. от органични молекули, въглеродни нанотръби и полупроводникови наноножици).

г) Пол Аливизатос. *По-малкото означава повече в медицината* (с. 66-73). Нанотехнологията ще намери реални приложения в биомедицинските изследвания, в диагностиката и дори в терапията.

д) Ерик Дрекслър. *Машиноподобна нанотехнология* (с. 74-75). Оптимистично предвиждане, че по принцип молекулният конструктор, нанороботът, ще може да построи почти всичко, включително и свои копия.

е) Ричард Смоли. *За химията, любовта и нанороботите* (с. 76-77). Нобеловият лауреат от 1996 г. по химия за откриването на фулърините е твърде скептичен относно нанороботите, защото те са “твърде дебели и твърде лепкави”.

ж) Джордж Уайтсайдс. *Наномашината от миналото и бъдещето* (с. 78-83). Бъдещите наномашини най-вероятно ще приличат на древните биологични системи, ще имитират най-простата жива клетка. Но дали ще излезем по-изобретателни от биологичната еволюция?

з) Стивън Ашли. *Построяване на нанороботи* (с. 84-85). Обсъжда се колко трудно е да се създадат нанороботи.

и) Греъм Колинз. *Шамани на малкото* (с. 86-91). Научната фантастика за виртуалната нанореалност избуява още през 1985-те години.

5. Списанието на Европейския Съюз на Физиките *Europhysics News* (което се получава у нас) отпечата няколко материала по нанофизика, а президентът на ЕСФ, проф. М. Дюклоа, съобщи (EN 32/6, p.209), че се предвижда създаването към ЕСФ на нов отдел по нанофизика.

Досега в EN са публикувани следните материали по тази тема:

а) N. Garcia, J. Costa-Krämer. *Quantum-Level Phenomena in Nanowires*, EN, 27/3 (1996), pp. 89-91.

б) A. Bychkov. *NANO-2000*, EN, 31/5 (2000), pp. 28-29.

в) A. Bychkov, *NANO-2001*, EN, 32/5 (2001), p. 186.

6. В сп. *Успехи физических наук*, в раздела “Конференции и симпозиумы” са поместени доклади по мезоскопика и нанофизика; вж. УФН, т. 168 (1998) No 2; т. 169 (1999) No 3.

Подбор, превод и библиографска справка: **М. Бушев**

* За и от Файнман вж. *Четиво с продължение* в СФ 23/00. - Бел.ред.

Според общоприетата догма Големият взрив е началото на всичко.

Габриеле Венециано от CERN оспорва това внушение. Той вярва, че Големият взрив е най-фундаменталното нещо, което Вселената някога е “виждала”, но според него то не се е случило в момента “нула” ($t = 0$).

ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВО ПРЕД ТЕОРИЯТА НА ГОЛЕМИЯ ВЗРИВ: ЕДНА ПО-ДЪЛГА ИСТОРИЯ НА ВРЕМЕТО

Габриеле Венециано

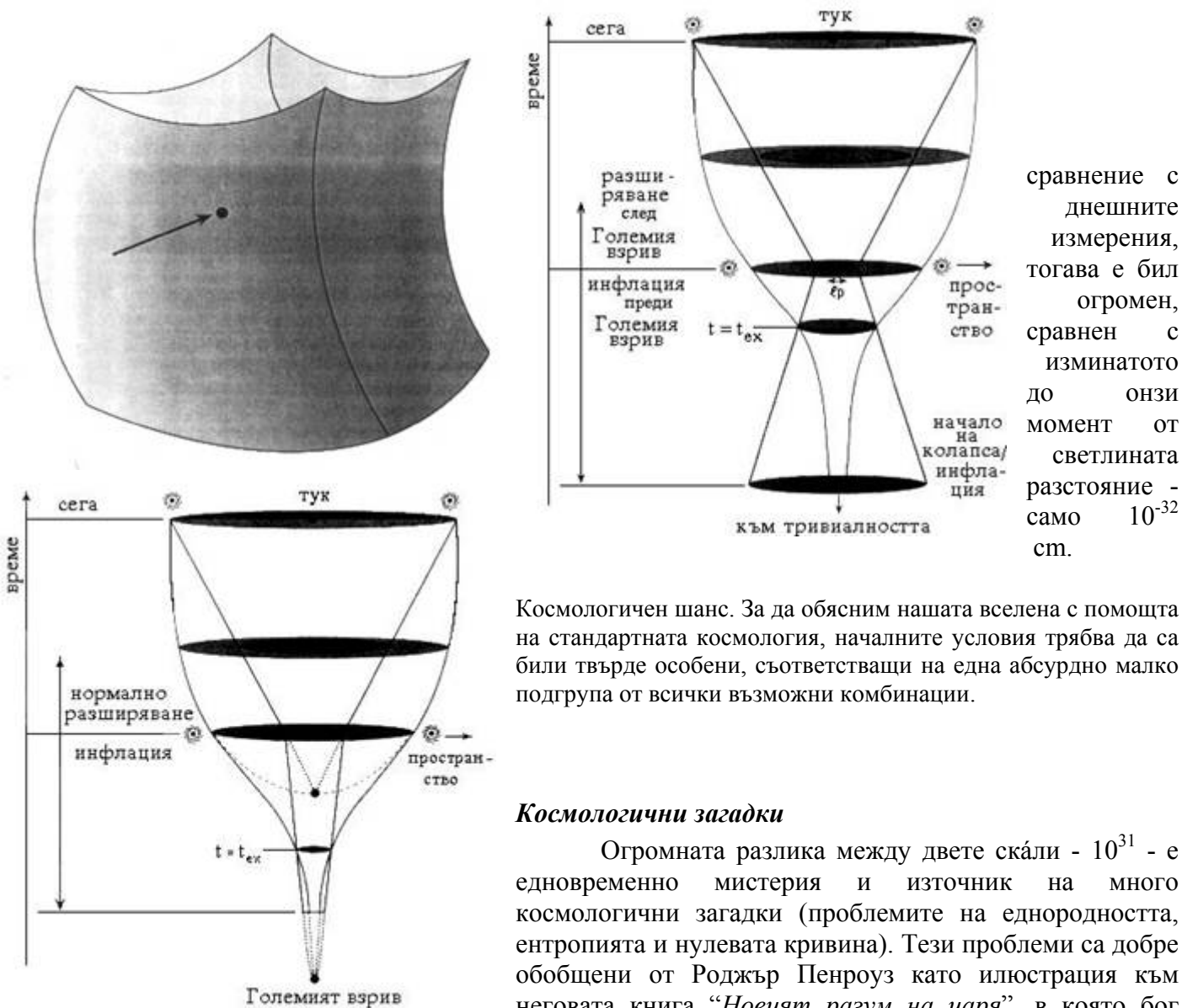
Идеята, че Вселената и самото време произлизат от първична експлозия - Големия взрив, преминава отвъд границите на научното познание, за да стане ключова част от модерната култура. Но дали тази идея е напълно обоснована? Последни изследвания в областта на теоретичната физика предлагат алтернативно обяснение, според което Големият взрив е само един от многото преходи в историята на Вселената, но вероятно най-драматичният. В този нов сценарий дълга предистория бавно подготвяла обстоятелствата, довели до Големия взрив по същия начин, по който продължителни периоди на постоянна еволюция предхождат колапса или експлозията на звездите. Но какво не е наред с традиционната догма?

Сингуларност

Стандартната космология, базираща се на теорията на относителността на Алберт Айнщайн, твърди, че преди около 10 милиарда години Вселената е била само математическа точка. Като такава не само че имала размери, равни на 0, но и физическите ѝ величини като температура, плътност на енергията, налягане и произлизащото от това изкривяване на космическото време били безкрайни. Наистина Големият взрив е най-драматичният пример за явление, с което често се сблъскват полевите теории, като Общата теорията на относителността, когато загубват предсказващата си сила. Това явление се нарича сингуларност. Въпросът “Какво е имало преди този единствен миг?” изглежда безсмислен. Не е имало “преди” или поне това ни се казва.

Когато ги притиснат, космолозите признават, че екстраполацията на уравненията от теорията на относителността за $t = 0$ е неоправдана. Дори и най-големите оптимисти сред тях ще се съгласят, че това, което се е случило преди около 10^{-43} s е било силно повлияно от квантовите ефекти, които теорията на относителността игнорира. (10^{-43} s е така нареченото Планково време - скала на времето, първоначално конструирана от Макс Планк, базираща се на скоростта на светлината, на Планковата константа и на константата на Нютон за гравитацията. При енергиите в ускорителите гравитационната сила между две елементарни частици е много по-слаба от останалите физични сили, които им действат. Но в скалата на Планк тези ефекти стават сравними.)

За улеснение ще попитаме как е изглеждала Вселената не в $t = 0$, а в $t = 3 \cdot 10^{-43}$ s - малко по-късно. Отговорът се оказва доста объркващ. Според теорията на относителността наблюдаваната от нас, простираща се на милиарди светлинни години, Вселена тогава е била само 1 mm в диаметър. Този размер, изглеждащ микроскопичен в



Космологичен шанс. За да обясним нашата вселена с помощта на стандартната космология, началните условия трябва да са били твърде особени, съответстващи на една абсурдно малко подгрупа от всички възможни комбинации.

Космологични загадки

Огромната разлика между двете скали - 10^{31} - е едновременно мистерия и източник на много космологични загадки (проблемите на еднородността, ентропията и нулевата кривина). Тези проблеми са добре обобщени от Роджър Пенроуз като илюстрация към неговата книга „Новият разум на царя”, в която бог

подрежда изключително внимателно началното състояние на Вселената. В началото то трябвало да съдържа огромно количество материя/енергия, разпределена по доста методичен начин. Това би било така невъзможно, както разполагането на всичките молекули от земната атмосфера над Северния полюс и никъде другаде.

Когато физиката се сблъсква със странни ситуации, логичният въпрос е: “Може ли да разбираме тези явления като резултат от еволюцията на нещо „по-естествено”?” Въпреки това, ако предположим, че Големият взрив е началото на всичко, тогава не може да съществува минало, в което да търсим тези по-естествени необходими условия. Стандартното разрешаване на тези космологични загадки е прибягването до хипотезата, че нещо ново - относително дълъг период на изключително ускорено разширяване на Вселената (“раздуване”, инфлация) - се е случило след Големия Взрив и е отстранило всички недостатъци. За нещастие дори след 18 години работа по въпросното “раздуване” на Вселената липсва задълбочена теоретична обосновка и в същото време съществува голяма доза произволност, правеща го трудно за проверка.

Два сценария за Вселената с формата на чаши за вино.

При класическата картина за Големия взрив (вляво) на един ранен етап Вселената би трябвало да се е разширявала по-бързо от скоростта на светлината. Това изисква допълнителния механизъм “инфлация”. Само по този начин галактиките, появяващи се днес в противоположните страни на небесния свод, биха могли да “знаят” за

съществуването си една за друга и да осигуряват на Вселената нейната забележителна гладкост.

В новата картина (вдясно) на Пред-Големия взрив Вселената започва развитието си преди Големия взрив и необходимият причинен (каузален) контакт е осъществен предварително. Необходим е различен вид инфлация и производът на Вселената става по-малко тайнствен.

Алтернативно ние би трябвало да се позоваваме на процеси, случили се около или в Планково време, но тогава, както бе споменато по-горе, трябва да включим в предположенията си и измерими квантови ефекти. Наистина изглежда доста приемливо, че проблемът за сингуларността и загадките на стандартната космология по някакъв начин трябва да бъдат свързани и че би трябвало да бъдат разрешени едновременно чрез квантови ефекти. Въпреки това доскоро нямаше начин за справянето с подобен вид проблеми, нямаше схема, свързваща теорията на относителността и квантовата механика в съвместима теория на квантовата гравитация.

Тази ситуация се промени преди 15 години с появата на теория на суперструните - доусъвършенстван модел, разработен в CERN преди около 30 години. Начинът, по който струните се справят със срещнатите при общоприетия подход проблеми е гъвкав и в същото време не е труден за обяснение. В тази теория условните, точковидни частици, са заменени от малки едномерни обекти, наречени струни. Размерът на струната, определен от квантовата механика, дефинира чрез скоростта на светлината времева скала, чиято мерна единица $t_s = 10^{-42}$ s е с един порядък по-голяма от Планковото време.

Безкрайно минало

Опитвайки се да опишем ранната Вселена чрез теорията на струните, откриваме без учудване, че общоприетата обща теория на относителността трябва да бъде модифицирана относно по-къси времеви скали от t_s . Заради собствените си скали струните не позволяват плътността, температурата и кривината да превишат една (огромна, но крайна) максимална стойност и да станат безкрайни. Справила се по този начин с обезпокояващата ни сингуларност, теорията на струните ни позволява да погледнем отвъд момента $t = 0$. Колкото времето става по-отрицателно, толкова и Вселената - по-студена, празна, плоска, а нейните елементи - по-невзаимодействащи помежду си, докато не достигне до пълна празнота и тривиалност в асимптотичното си минало.

Така Вселената ще се подчини на принципа за тривиалност на асимптотичното минало, възниквайки от най-простия възможен вид начални състояния. Това е нещо като Коперникова революция по-скоро във времето, отколкото в пространството, когато Големият взрив губи историческия си смисъл на начало на времето и се превръща в по-скромна, макар все още важна, повратна точка в историята на Вселената. Големият взрив е бил моментът на максимални (но все още крайни) плътност, температура и кривина. Нещо повече, автоматично се оказва, че Големият взрив е бил предшестван от период на разширяване, като по този начин проблемите на стандартната космология се решават по естествен начин.

Макар и много престижно, да се обясни възникването на Вселената, без да е необходимо въвеждането на твърде скалъпено начално условие или на странна фаза на разширяване, за да се коригира “лошият му старт”, новата теория на Пред-Големия взрив би била научна фантастика, ако нямаше експериментално наблюдаеми следствия.

В действителност случаят не е такъв. По време на инфлационната фаза на Пред-Големия взрив квантовите флуктуации са се усилили изключително много. В

стандартната епоха след Големия взрив тези флуктуации са генерирали дефекти във Вселената, като по този начин са породили голямо изобилие от физически явления, които днес открехват прозорец към Вселената преди Големия взрив. Всред тези явления са:

- стохастичните гравитационни вълни, които биха могли да бъдат измерими чрез новото поколение интерферометрични детектори на гравитационни вълни (LIGO, VIRGO), както и чрез резонансните (антенopodobни) детектори (вж. *CERN Courier*, March 1999, p. 10);
- космични магнитни полета, за които е известно, че са навсякъде в галактиките, но чийто произход е все още тайнствен;
- нови характерни източници на голямомасштабна структура във Вселената, които ще бъдат изследвани чрез бъдещи спътникови измервания на космичната микровълнова фонова анизотропия (MAP, PLANCK) или чрез точното определяне на разпределението на галактиките и галактичните купове;
- нови видове слабодолговими следи, които биха могли да ни доставят предполагаемата липсваща компонента (от тъмна материя) в енергийния баланс на Вселената.

На идейно равнище тези квантови флуктуации са отговорни за нагриването на една първоначално студена и празна вселена и по този начин за генерирането, почти от нищото, на горещата материя, необходима за започването на физическите и химическите реакции, на които ние в крайна сметка дължим собственото си съществуване.

В най-простия си вид сценарият за Пред-Големия взрив дава определени симптоми, че може би скоро ще се провали. Дори това да стане, той ще е показал, че най-устойчивите теоретични догми могат и би трябвало да бъдат оспорвани ако искаме да извисим познанието си за Вселената като цяло до равнище, на което да можем да претендираме да разберем поведението на най-малките ѝ съставни части.

Четете и:

Постоянно актуализирана сбирка от статии за Пред-Големия взрив на адрес: <http://www.to.infn.it/~gasperin>.

Превод: М. Митов, ученик

(Gabriele Veneziano, Challenging the Big Bang, *CERN Courier*, March 1999, p. 18)

75 ГОДИНИ КВАНТОВА МЕХАНИКА

СПОМЕНИ ЗА

ХАЙЗЕНБЕРГ И ПЪРВИТЕ ДНИ НА КВАНТОВАТА МЕХАНИКА

Размисли за онези дни от преди 50 години, когато шепа студенти от “напълно безполезната” област на физиката, за пръв път чуха за съществуването на странна нова механика, изобретена от Морис де Бройл, Вернер Хайзенберг и Ервин Шрьодингер.

Феликс Блох*

През тази година, когато празнуваме 50-та годишнина на квантовата механика и през която бяхме натъжени от смъртта на един от нейните създатели, Вернер Хайзенберг, е особено подходящо да си припомним за годините, когато се създаваше новата механика. По времето, когато в самите основи на физиката се вграждаха съвсем нови концепции, аз бях студент по физика. Бях сред присъстващите в залата, когато Петер Дебай изказа своите съображения, които подтикнаха Ервин Шрьодингер да се заеме с изследването на вълната на Де Бройл и със изнамиране на нейното вълново уравнение. А от самия Хайзенберг, като негов докторант, улових изследователския дух и бях окуражен да създавам свои собствени приноси.

Предвестници

Нека започна с 1924 г., когато постъпих в Швейцарския Федерален Технологичен Институт в родния си град Цюрих. Започнах като студент по инженерство, но след една година, изпълнена с душевни терзания, реших, противно на здравия разум, да се прехвърля в “напълно безполезната” област на физиката. *Е.Т.Н.*, както беше познат този институт според немското си име, беше една институция с висок международен авторитет и в своята нова област аз знаех имената на такива знаменитости като Херман Вайл и Петер Дебай. И наистина, първият уводен курс по физика, който изслушах, беше воден от Дебай и без да познавам неговата научна работа, от високото качество на неговите лекции в Института аз разбрах, че това е един изключителен майстор в своята област.

Далеч по-малко блестящи бяха обаче останалите курсове, които можеше да се слушат, и не съществуваше нищо подобно на пълноценния избор, който се предлага на студентите в наши дни. От време на време някой професор прочиташе специален курс лекции върху някакъв проблем, който го интересуваше в момента, без да се съобразява с огромните празнини в нашите знания, оставени от тази образователна система. Във всеки случай, само шепа студенти от Института бяха достатъчно глупави, за да изучават физика и очевидно никой не си губеше времето да се занимава с тези “особняци”.

Едно от първите неща, на които попаднах, беше книгата на Арнолд Зомерфелд *Структура на атомите и спектрални линии*, от която бях възхитен; неприятното беше само това, че не можах да разбера много от нея, понеже знаех твърде малко механика и електродинамика. Така че първо трябваше да изучавам тези предмети по други източници, за да мога истински да оценя това, което пишеше Зомерфелд; но то ми вдъхваше приятното чувство, че всичко за атомите е вече известно и ясно. Фактът, че беше възможно да се разглеждат само периодични системи и то такива, които позволяваха разделяне на променливите, не тревожеше никого. Затова, когато видях една статия, в която някой се опитваше да вмести Комптъновия ефект в тази схема, аз бях по-скоро впечатлен, отколкото обезсърчен от усложнения математичен апарат, който беше използван.

Вестта, че Морис де Бройл и Хайзенберг вече са положили основите на една нова механика, едва се беше промъкнала до Цюрих и със сигурност не беше проникнала до нашите по-долни слоеве. Първите слухове за това достигнаха до мен в началото на 1926 г.; по това време бях започнал да посещавам редовно колоквиума по физика, въпреки че повечето неща, които чувах там, надвишаваха равнището ми. Колоквиумът, който тогава беше воден с неоспорим авторитет от Дебай, събираше в най-добрия случай около две дузини слушатели.

Физика се преподаваше и в един по-малък и много по-слабо известен в сравнение с *Е.Т.Н.* факултет на Университета в Цюрих. Теорията беше поверена на някакъв австриец на име Шрьодингер и колоквиумът се провеждаше ту на едното, ту на другото място. Тук се извинявам на моите приятели, които вече са чували от мен това, което ще разкажа сега. Моят разказ може би няма да отговаря на най-строгите стандарти на историята, която признава само писмените доказателства, нито ще съм в състояние да ви предам точните думи, които са били казани в един или друг случай, но мога да ви гарантирам, че по същество ще ви говоря истината и само истината.

Намерено е вълново уравнение

Веднъж, в края на един колоквиум, чух Дебай да казва нещо такова: “Шрьодингер, изглежда че в момента вие не работите върху особено важни проблеми. Защо не ни разкажете някой път за тази дисертация на Де Бройл, около която се вдигна доста шум.”

И така на един от следващите колоквиуми Шрьодингер направи едно чудесно ясно изложение на това как Де Бройл свързал вълна с частица и как могъл да получи условията за квантуване на Нилс Бор и Зомерфелд, поставяйки условието цяло число вълни да се нанася върху една стационарна орбита. Когато той свърши, Дебай небрежно отбеляза, че този начин на говорене е твърде детински. Като ученик на



Зомерфелд той беше научил, че за успешна работа с вълни е необходимо вълново уравнение. Това прозвуча доста тривиално и като че ли не направи особено впечатление, но Шрьодингер очевидно се е замислил върху тази идея впоследствие.

Вернер Хайзенберг

Само няколко седмици по-късно той отново говори пред колоквиума като започна с думите: “Моят колега Дебай каза, че е необходимо вълново уравнение; е добре, аз го намерих!”

И тогава той ни разказа в общи линии това, което малко по-късно публикува под заглавие “Квантуването като намиране на собствени стойности” като първа статия от серията в *Annalen der Physik*. По това време аз бях прекалено неопитен, за да мога реално да оценя значението на тази лекция, но по реакцията на аудиторията почувствах, че се беше случило нещо твърде важно и действително не е нужно до ви обяснявам какво значение придоби името на Шрьодингер от тук нататък. Много години по-късно аз напомних на Дебай за неговата забележка относно вълновото уравнение; колкото и да е странно, той каза, че не си спомнял, но аз не съм сигурен дали това не беше реакция на съжаление, че не беше написал сам това уравнение. Във всеки случай той се обърна към мен с широка усмивка и каза: “Е, не бях ли прав?”

Естествено, впоследствие имаше много приказки между физиците от Цюрих, включително дори и между студентите, за това тайнствено “пси” на Шрьодингер. През лятото на 1926 г. там беше проведена една хубава малка конференция и в нейния край всички направихме една разходка с кораб по езерото до един ресторант за обяд. Като млад частен доцент (*Privatdozent*) по това време Ерих Хюкел работеше върху това, което по-късно стана известно като теорията на Дебай-Хюкел за силните електролити и в този случай той ни подтикна и помогна да съчиним няколко стиха, които не издаваха твърде много респект към прочутите професори. Като пример искам да цитирам едно от тях, посветено на Ервин Шрьодингер, на оригинален немски език:

“Gar Manches rechnet Erwin schon

Mit seiner Wellenfunktion.

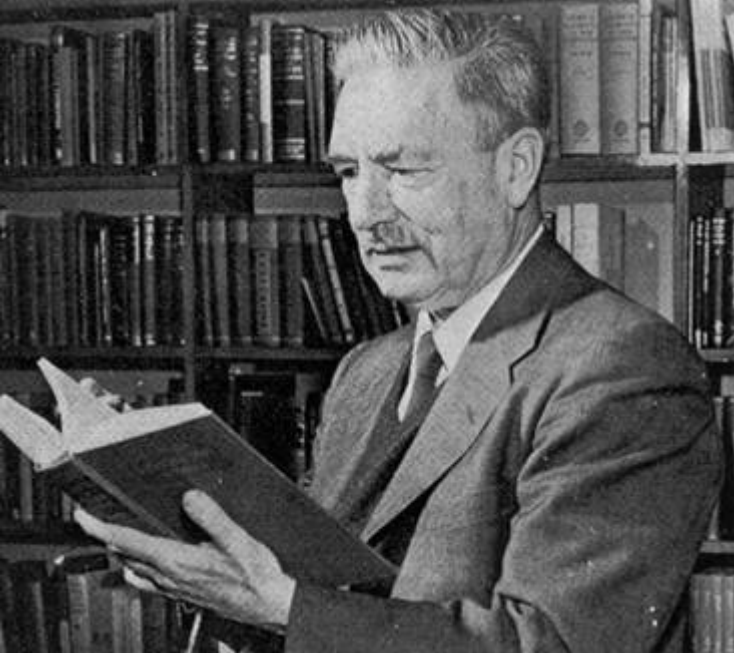
Nur wissen moecht’ man gerne wohl

Was man sich dabei vorstell’n soll.”

В свободен превод това изглежда така:

Тук нещо Ервин изчислява

Със своята функция-вълна.



Но как да разберем тогава

Какъв е смисълът в това?

Проблемът беше в това, че самият Шрьодингер не знаеше какъв е смисълът на неговата вълнова функция. Интерпретацията на Макс Борн като вероятностна амплитуда дойде едва по-късно, но той, както и такива фигури като Макс Планк, Алберт Айнщайн и Де Бройл, останаха скептично настроени до края на живота си към нея. Много по-късно присъствах на един семинар, където лекторът извлече редица заключения от уравнението на Шрьодингер, а самият Шрьодингер изрази дълбоки съмнения дали това уравнение може да служи за сериозна основа, при което Грегър Венцел, който също беше там, му каза: “Шрьодингер, голямо щастие е, че останалите хора повече вярват в твоето уравнение отколкото ти!”

Известно време Шрьодингер вярваше, че вълновият пакет би могъл да представи реалното поведение на електрона, но разбира се го тревожеше фактът, че с течение на времето той се разширява, като че ли електронът ставаше все по-дебел.

Както вече казах, по това време бях твърде неопитен, за да разбера тези неща, и все още се борех с по-старите теории. Обаче, докато четях статията на Дебай от 1923 г. върху Комптъновия ефект, ми хрумна, че вместо предположението за първоначално неподвижен електрон, би било по-удачно да се приеме, че той се движи по стационарна орбита в атома. Аз толкова харесах тази идея, че дори проявих невероятната смелост да отида при Дебай и да му я кажа. В действителност тя не беше чак толкова погрешна, но той каза само: “Вече не бива да се говори за атомите така; по-добре иди и прочети новата вълнова механика на Шрьодингер.”

Петер Дебай

Е, човек трябва да се съобразява с авторитетите и освен това той отново беше напълно прав. И аз точно така постъпих; следващите няколко статии на Шрьодингер върху вълновата механика се появиха скоро, една след друга. Узнах за матричната формулировка на квантовата механика, дадена от Хайзенберг, Борн и Паскуал Джордан, едва когато прочетох статията на Шрьодингер, в която беше показана еквивалентността на двете формулировки. Не ми трябваше много време, за да усвоя тези нови методи и ми се иска да предам на младите физици, които четат тази статия, великолепното чувство, което ние студентите изпитвахме по онова време поради внезапното и огромно разширяване на хоризонта ни. Тъй като не бяхме обременени с прекалено много стари познания, този процес беше напълно безболезнен за нас и ние бяхме блажено неведоми за дълбоките концептуални промени, с които се сблъскваха по-възрастните и опитни физици.

Въпреки че вече бях започнал един експеримент по спектроскопия, сега аз бях изцяло завладян от теорията и се надявах формалното ми присъединяване към гилдията да бъде затвърдено чрез запознанството ми с Валтер Хайтлер и Фриц Лондон. Те съвсем скоро бяха получили своите докторски степени и се бяха присъединили към института на Шрьодингер, където заедно работеха върху теорията на ковалентните връзки. Трябваше да сме се срещнали за пръв път на някой семинар и за мен беше голяма чест, че те ме канеха да се разхождам понякога с тях из горите около Цюрих. За нас, студентите, професорите обитаваха някъде в облаците и това че двама истински теоретици на зряла възраст около 25 год. са обърнали внимание на един наивник като мен, беше причина за огромната ми благодарност към тях.

Лайпциг

Този изключителен период в Цюрих приключи внезапно през есента на 1927 г., когато някои от най-важните фигури тук едновременно се поддадоха на привличането на големия магнит от север, какъвто беше процъфтяващата наука в Германия. Вайл беше се преместил да работи в Гьотинген, Шрьодингер – в Берлин, а Дебай – в Лайпциг и за мен стана ясно, че и аз трябваше да се присъединя към това движение, ако не исках студентските ми години да продължат прекалено дълго. Въпросът беше само в това къде да отида; аз бях привлечен от две възможности – или да последвам примера на Лондон и да отида при Шрьодингер в Берлин, или пък този на Хайтлер и да замина за Гьотинген.

Но преди да реша, отидох да се посъветвам с Дебай и той ми каза да не правя нито едното нито другото, а да се преместя при него в Лайпциг. Там щях да работя с Хайзенберг, когото той, в качеството си на директор на Института по физика към Университета, беше убедил да заеме професорското място по теоретична физика. Способността на Дебай да убеждава беше неустойима и аз също не можах да ѝ устоя, още повече, че имах вече достатъчно доказателства за неговата способност да преценява вярно.

И тъй, през октомври 1927 г., преди началото на зимния семестър, аз напуснах за първи път моя хубав роден град, за да пристигна една студена утрин в този доста грозен град Лайпциг. Прозорецът на малката стая, която наех от едно семейство, гледаше към железопътен склад; шумът и пушекът, които идваха оттам, не можеха да ме развеселят особено! Веднага щом приключих с простите формалности по записването ми като студент в Университета в центъра на града, аз се запътих към Института по физика, който се намираше в покрайнините.

Това беше една стара сграда, която от едната страна граничеше с гробище, а от другата – с психиатрично учреждение, но въпреки това се обитаваха от хора, които далеч не бяха нито мъртви, нито луди. Хайзенберг още не беше пристигнал и междувременно главен теоретик беше Венцел, който една година по-късно щеше да наследи Шрьодингер в Цюрих. Не успях да го открия в работната му стая, но един асистент ми каза, че мога да се срещна с него в апартамента му на третия етаж на зданието.

По онова време беше обичайна практика професорите да имат квартири във или непосредствено до своите институти. Дебай обитаваха директорската вила в едно

крило на сградата, а за ергени като Венцел или като Хайзенберг, при пристигането му, имаше малки, но много удобни апартаменти непосредствено под покрива.

Не бях съвсем сигурен дали е подходящо да се кача горе и да почукам на неговата врата, но все пак събрах смелост да го направя и тогава, почти в момента, когато той ми отвори, разбрах, че съм попаднал в един нов и много по-топъл академичен климат. Привикнал към голямата дистанция, която разделяше студентите от професорите в свободолюбивата Швейцария, аз очаквах пословичната дисциплинираност на германците да е наложила едно още по-строго кастово разделение. Вместо това Венцел ме посрещна с такава неформална сърдечност, че ми беше почти невъзможно да го наричам *“Господин Професоре”*, но затова пък ми беше много лесно да му покажа една малка статия, която бях написал преди да пристигна в Лайпциг.

Моята статия беше мотивирана от отдавнашната неприязън на Шрьодингер към неприятното свойство на електронните вълнови пакети да се разширяват и ми беше хрумнала наивната идея, че те биха могли да бъдат излекувани от него поне частично с помощта на радиационното затихване. С цел да проверя тази идея аз бях провел сериозни изчисления върху хармоничния осцилатор, които показваха, че един подходящо избран Гаусов вълнов пакет, без да се разширява, можеше да извършва чудесни затихващи трептения, които асимптотично преминаваха във вълновата функция на основното състояние. Венцел направи някои внимателни забележки, но скромно обясни, че не притежава достатъчни познания в тази област; каза, че ще е най-добре да говоря с Хайзенберг, който се очакваше да се появи до няколко дни.

Моята първа статия

Въпреки че най-големите му постижения бяха от преди не повече от две години, Хайзенберг беше вече много известен като основател на новата механика, която разглеждаше квантовите явления, без да прибегва до такива фундаментални понятия като движение по орбити, а замествайки ги с други понятия, отнасящи се до реалните наблюдаеми при атомните процеси. Мисля, че дъхът ми спря за момент, когато Венцел ме представяше на този велик физик, материализиран във формата на строен млад човек. Може би Дебай му беше споменал вече, че ме познава от Цюрих; във всеки случай веднага щом си стиснахме ръцете и той заговори по своя прост и естествен начин, аз почувствах, че бях “приет”.

Също както и с Венцел, нямаше признаци за някаква бариера, която да ни разделя на базата на несъизмеримо по-високия статут на Хайзенберг, а същото наблюдавах и при срещите ми по-късно с много видни учени в Германия. Въпреки че това ме изненадваше в началото, то имаше много просто обяснение: тези хора бяха до такава степен отдадени на своята наука и тяхната работа толкова ясно говореше сама за себе си, че просто не оставаше никакво място или пък причина за някаква претенциозност, било под формата на величествени обноски или фалшива скромност. При Хайзенберг се добавяше и допълнителният фактор на неговата младост; като професор на 26 г. той беше само четири години по-възрастен от мен, но по скалата на теоретиците това му отреждаше преднина от около две поколения.

Що се отнася до моите надежди да удържа вълновите пакети посредством радиационно затихване, той само се усмихна и каза, че ако въобще се усети нещо, това



би било да ги накара да се разширяват още по-силно. Въпреки това той прецени, че моите пресмятания върху хармоничния осцилатор са едно добро начало и че трябва да бъдат продължени и допълнени за общия случай. С помощта на статията на П. А. М. Дирак върху радиационните ефекти и на някои допълнителни фокуси, успях да се справя с това доста бързо, потвърждавайки предсказанието на Хайзенберг и това стана моята първа публикувана работа. Тя излезе в *Physikalische Zeitschrift* като предшественик на широко известната статия на Виктор Вайскопф и

Юджийн Вигнер върху радиационното затихване и естествените ширини на линиите.

Точно преди Коледните празници Хайзенберг каза, че трябва да помисля за тема на докторска дисертация: направих това главно докато карах ски в Швейцария, където се бях върнал у дома. Аз добре разбирах важността на адиабатната теорема на Паул Еренфест за по-ранната квантова теория и когато се върнах в Лайпциг след новогодишните празници, предложих в своята бъдеща дисертация да преформулирам тази теорема в термините на квантовата механика.

Ервин Шрьодингер

“Да,” каза Хайзенберг, “човек би могъл да направи това, но аз смятам че е по-добре да оставиш тези неща на учените господа от Гьотинген.”

Той имаше предвид школата на Борн, която имаше репутацията на изключително майсторство и склонност към сложни математични изчисления. Вместо това той предложи нещо по-земно като например феромагнетизма или проводимостта на металите.

Що се отнася до феромагнетизма, той смяташе, че може да се обясни чрез обменен интеграл между електроните, със знак обратен на този в хелия, така че да се облагодетелства паралелното за сметка на противоположното разположение на техните спинове. Той вече беше показал, че разликата между орто- и пара-състоянията на хелиевия атом се дължи на зависимостта на обменната енергия от техните симетрични свойства и освен това беше осъзнал, че аналогичното явление за протоните на водородната молекула е причина за възникването на двете форми, орто- и пара- при водорода. Но неговата идея звучеше така убедително, че аз не виждах никакъв смисъл да се захващам с нея. За мен беше ясно, че Хайзенберг вече знае основните очаквани резултати; наистина той скоро написа статия по този въпрос, която постави основите на съвременната теория на феромагнетизма. Едва две години по-късно аз в известна степен подобрих неговия подход чрез въвеждането на спинови вълни.

Електрони в кристалите

По-привлекателно беше другото му предложение – да се заема със свойствата на металите. Продължавайки по-ранните работи на Паул Друде и Х. А. Лоренц, Волфганг Паули беше дал първия нов тласък на направлението, използвайки статистиката на Ферми, за да обясни температурно независимия парамагнетизъм на



електроните на проводимостта; Зомерфелд беше отишъл още по-далеч, разглеждайки влиянието върху специфичните топлоемкости и връзката между топлопроводимостта и електропроводимостта на металите. Но и двамата разглеждаха електроните на проводимостта като идеален газ от свободни електрони, което на мен съвсем не ми изглеждаше правдоподобно.

Когато започнах да обмислям тези проблеми, аз почувствах, че най-важното е да се обясни как електроните успяват да се промъкнат покрай всичките йони в метала, без да сведат средния си свободен пробег да разстояния от порядъка на междуатомните. Такива разстояния са твърде малки, за да обяснят експериментално наблюдаваните съпротивления, които при това изискват свободният пробег да нараства още повече с понижаване на температурата. Но Хайтлер и Лондон вече бяха показали как електроните могат да се съсредоточат между два атома в молекулата при възникване на ковалентна връзка, а основната разлика между молекулата и кристала се състои в това, че там съществуват много атоми в периодична подредба. За да си улесня живота, аз започнах с изучаването на вълнови функции при едномерни периодични потенциали. Използвайки директен Фурие анализ, аз открих със задоволство, че тази вълнова функция се различава от плоската вълна на свободните електрони само по своята периодична модулация.

Грегър Венцел

Това беше толкова просто, че не го сметнах за някакво голямо откритие, но щом го показах на Хайзенберг, той веднага каза: “Това е то!” Е, това все още не беше всичко, понеже моите пресмятания бяха завършени едва през лятото, когато написах дисертацията си на тема “Квантовата механика на електроните и кристалните решетки.”

След това напуснах Лайпциг, за да бъда в продължение на една година асистент на Паули в Цюрих и за още една година като Лоренцов стипендиант в Холандия. В Лайпциг се завърнах едва през есента на 1930 г. вече като асистент на Хайзенберг, и по това време ранните години на квантовата механика бяха вече отминали, въпреки че много от нейните важни приложения все още предстояха – а и сега предстоят.

Не знаех колко от нас осъзнаваха, че току що бяхме преживели един уникален период; въобразявахме си че това е най-естественият път за физиката и се чудехме защо умните хора не бяха разбрали това по-рано. Почти всеки проблем, който е бил подхвърлян в продължение на много години, сега се подхващаше отново и се подлагаше на последователно разглеждане. Разбира се, все още съществуваша някои дребни затруднения, като например безкрайната собствена енергия на електрона и въпросът как той бе могъл да съществува в ядрото преди бета-разпадането; и никой още не беше получил числената стойност на константата на фината структура. Но ние бяхме сигурни, че решенията са в непосредствена близост и че ако за тяхното получаване са необходими някакви нови идеи, то те лесно щяха да бъдат намерени. Е,



последните петдесетина години ни научиха поне на това да сме по-скромни в своите очаквания.

Волфганг Паули

Хайзенберг - учителят и ученият

От това, което вече ви разказах за годината, през която имах щастието да бъда първият студент на Хайзенберг, може би става ясно, че той ще бъде централна фигура в моите спомени за този най-определящ период на моя живот като физик. Работата не е само в това, че той предложи темата на моята дисертация, но благодарение на него аз долових истинския изследователски дух и се осмелих да направя първите стъпки в света на науката. Ако трябва да назова едно от най-големите му качества на учител, това е неговата изключително положителна нагласа и съответно подкрепа към всякакъв напредък.

Това не значи, че той винаги раздаваше похвали и че в определени случаи не биваше остър и непримирим. Веднъж по време на работата си върху дисертацията не успях да се справя с един твърде лесен проблем и се обърнах към него за помощ. Но след като му обясних в какво се състои работата, той каза: “Сега, щом вече направи анализ на причината за неприятностите, няма да ти е много трудно да се сетиш как да се справиш с тях.”

Естествено, аз се почувствах твърде подтиснат, но това ме стимулира да направя още едно усилие и в края на краищата, макар и по заобиколен път, се справих с проблема. За Хайзенберг винаги беше важно физичното съдържание на един проблем, а не математичният метод, използван за неговото решаване. Що се отнася до елегантността, той вероятно би се съгласил с мнението на Лудвиг Болцман, че “най-добре е тя да се остави на шивачите и обушарите.”

Освен едната година като студент на Хайзенберг, аз прекарах в Лайпциг още две години (1930 - 1932), докато Хитлер успя да създаде новата Германия по подобие на своя собствен ужасен образ. Това, което последва, е твърде добре познато, за да го споделям тук, но не мога да се въздържа да направя една тъжна забележка, отнасяща се до човешката природа. Пълната отдаденост на своята работа и откъснатостта от тъмните ирационални страсти, разпространяващи се наоколо, завариха почти всички германски учени неподготвени за прииждащия потоп. Тези, които не заминаха, със само няколко изключения, бяха повлечени от потопа и след това захвърлени и оставени всеки със собствени сили да се справя с вътрешните си противоречия.

Но моите спомени за Хайзенберг се отнасят за времето преди тези събития, което за мен беше един от най-щастливите периоди в живота ми. Много от тези спомени са свързани с напълно неформални и всичко друго но не и професионални разговори при разходките, на неговата скиорска хижа в Баварските Алпи или при други подобни обстоятелства. Тези разговори остават за мен не по-малко ценни от дискусиите ни на физически теми и затова в заключение бих искал да разкажа за два от тях, които си спомням най-ясно.

Веднъж се бях върнал след вечеря в стаята си с цел да довърша някаква работа. Докато седях зад бюрото си, чух Хайзенберг, който беше отличен пианист, да свири в апартамента си под покрива на сградата. Беше вече късно през нощта, когато той слезе в моята стая, като каза, че просто искал малко да поговори преди лягане, след като в продължение на три часа беше упражнявал няколко пасажа от концерта на Шуман. Тогава ми разказа, че Франц Лист, когато вече бил известен пианист, забелязал, че майсторството му при изпълнение на тактовете с $1/3$ и $1/5$ не е изгладено в достатъчна степен. Тогава отказал всички ангажменти и в продължение на цяла година упражнявал само тези тактове, преди да излезе отново пред публика. Причината да си спомням това така добре, е защото усещах, че Хайзенберг, без да иска ми беше казал нещо важно за самия себе си. Публиката на Лист след тази една година вероятно се е удивлявала, как той успява с такава лекота да свири тези трудни тактове. Но, разбира се, истинското чудо беше в това, че той е имал силата и способността да се концентрира, за да ги усъвършенства в продължение на цяла година.

Така, едно от най-прекрасните качества на Хайзенберг беше почти безпогрешната му интуиция, която той демонстрираше при работата си върху някакъв физичен проблем и феноменалната лекота, с която достигаше до решенията. Питал съм се дали това не беше нещо подобно на “явлението Лист”, и поради това още по-достойно за уважение. Не че Хайзенберг би преустановил за цяла година официалните си задължения, за да овладее някакъв технически прием. Но ние всички познавахме неговото унесено изражение, дори когато беше отдал цялото си внимание на някакъв проблем, или пък се наслаждаваше на някакви шегички или игри, което показваше, че във вътрешните сфери на мозъка си той не спираше да разсъждава върху физиката – най-важното нещо за него.

Една друга забележка, която той веднъж направи, е според мен още по-характерна. Ние се разхождахме и възникна разговор за пространството. Аз току що бях прочел книгата на Вайл *Пространство, време и материя* и гордо заявих, че пространството – това е просто полето на линейните операции.

“Глупости”, каза Хайзенберг, “небето е синьо и там летят птици.”

Може да ви звучи наивно, но по онова време аз го познавах достатъчно добре, за да схвана напълно упрека му. Той искаше да каже, че за един физик е опасно да описва природата в термините на идеализирани абстракции, твърде отдалечени от реалното светоусещане. И наистина, именно чрез избягване на тази опасност, съдържаща се в по-ранното описание на атомните явления, той беше съумял да достигне до своето велико творение – квантовата механика. Празнувайки петдесетгодишнината на това постижение, ние се чувстваме задължени на хората, които го осъществиха: не само защото ни снабдиха с този изключително мощен инструмент, но което е даже по-важно, защото ни дариха с едно по-дълбоко прозрение в понятията ни за реалността.

* * *

Тази статия е адаптация на лекцията, изнесена на 26 Април, 1976 г. във Вашингтон, на среща на Американското физично дружество.

Превод: **С. Рашев**

(Felix Bloch, Reminiscences of Heisenberg and the early days of quantum mechanics,

Physics Today, Dec., 1976, p. 23)

* Феликс Блох, лауреат (заедно с Е. Пърсел) на Нобеловата награда по физика за 1952 г., е почетен професор по физика на Станфордския университет.

НЯКОИ ОСОБЕНОСТИ В ИСТОРИЯТА НА ФИЗИЧЕСКИТЕ НАУКИ В БЪЛГАРИЯ

Ганка Камишева

В България няма база данни за исторически проучвания върху същностното развитие на физическите науки. Както пише Н. Сретенова, всички изследователи използват едни и същи документи [1]. В нашите библиотеки, архиви и музеи не се събират целенасочено извори за физиката. Поради това изследванията са предимно в областта на външната социална и институционална история на физиката.

Целта на работата е да се обосноват някои особености в историята на физическите науки в България. Настоящата работа акцентира върху причините, свързани с историята на физическите науки и не изключва наличието и на други исторически причини. Като извори са използвани отпечатаните програми, гимназиални и университетски учебници по физика и архиви на Университета.

През 19-ти и първата половина на 20-ти век в учебната литература физиката е разделена на експериментална и теоретична. Такова делене се наблюдава и при изграждането на физическите науки в СУ (СУ). Поради това експерименталната и теоретичната физика в България са разгледани поотделно.

I. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНАТА ФИЗИКА В БЪЛГАРИЯ

1.1. Физиката в българските училища.

Експерименталната физика е въведена първо в българските училища. Изцяло описателен е прогимназиалният курс по физика. Такъв е въведен за пръв път в двустепенните елино-български училища, създадени на територията на Османската империя през 20-те години на 19-ти век. В тях са използвани гръцки учебници по физика, но е изучавана и църковно-славянската азбука.

Първите елино-български училища, в които физиката се преподава самостоятелно, са създадени от Емануил Васкидович (1795 - 1875) в Свищов и от Иван Селимински (1799 - 1867) в Сливен.

Васкидович отваря в Свищов “Славеноболгарско училище” през 1815 г., като работи в него без прекъсване до 1847 г. Училището му има две степени, отговарящи на днешната начална и прогимназиална степен. Васкидович преподава физика в горната (прогимназиална) степен на училището. От 1817 г. той използва учебника по Опитна физика на Константинос Вардалахос, отпечатан във Виена през 1812 г. [2].

Учебникът на Вардалахос има обем 773 страници. Съдържанието му обхваща 29 глави от областите: физика (16 глави), химия (8 глави), метеорология и астрономия (по 2 глави) и живи организми (1 глава). Разделите на физиката са с различен обем: механика (7 глави), оптика (3 глави), акустика, електричество, магнетизъм и общи свойства на телата (по 1 глава). Формули в учебника няма, но са описани много физични уреди.

В предговора му Вардалахос пише: *“Всички образовани люде от народа ни знаят, че физиката бива или математическа, или експериментална. Първата доказва с помощта на геометрията и на пресмятането. Втората - с помощта на явленията и опитите. Поради което едната може да се нарече теоретична, а другата практическа. Първата изисква голяма опитност и дългогодишно упражнение в простата математика, и следователно не малко години. Трябва обаче да имаме пред вид, че у нас възможностите са ограничени ... Такава физика исках да поднеса на своя народ, т.е. лесноразбираема, понеже е написана на говоримия гръцки език, свободна от математически указания и от множество и трудноосъществими експерименти, същевременно кратка и съдържаща най-необходимото”* [3].

Ролята на гръцкото влияние върху преподаването на физиката в българските училища намалява след руско-турската война от 1828 г. По примера на училището, създадено от Васил Априлов в Габрово през 1835 г., Васкидович също изхвърля гръцкия език от Свищовското училище в началото на 40-те години на XIX век. Опитът му да издаде български учебник по физика през 1846 г. е неуспешен. [4]

Нов етап в преподаването на физиката в България поставя Найдено Геров (1823 - 1900) в Копривщица през 1846 г. Създаденият от него учебник по физика - първа част е отпечатана през 1849 г., а втората му част се пази в ръкопис. От есента на 1850 г. Н. Геров се премества заедно с учениците си в Пловдив, където продължава да преподава физика. По-късно физиката в Пловдивското централно епархийско училище се поема от ученика му Йоаким Груев (1828 - 1912), който превежда и отпечатва два учебника по физика на А. Гано (1869 г.) и на Д. Шуберт (1872 г.) [5].

И трите отпечатани български учебника по физика са описателни с чертежи на голям брой апарати и машини. След Освобождението на България прогимназиалните учебници по физика остават описателни.

1.2. Преподаване на експерименталната физика в СУ.

Създаването на университетски курс по експериментална физика започва във Физико-математическия отдел на Висшето училище в София през 1889 г. Една година по-късно от чужбина е поканен талантливият експериментатор П. Бахметьев (1890/1 - 1905/6), на когото е отпуснат значителен годишен кредит. Този кредит той използва, за да създаде материалната база на Физическия институт [6].

Курсът по експериментална физика за студентите от Физико-математическия факултет за кратко е четен от Емануил Иванов (1889 - 1890), Д-р Герчо Марковски (1891/2 г.) и Марин Бъчеваров (1892/3 - 1898/9). Е. Иванов е първият преподавател по физика във Висшето училище, а Д-р Г. Марковски и М. Бъчеваров четат курса заедно с П. Бахметьев [7].

Кратък курс по опитна физика за сродните факултети (медицински, ветеринарно-медицински и агрономолесовъден) започва да се чете след Първата световна война. За него през 1927 г. е избран като доцент по опитна физика Георги Наджаков (1896 - 1981). [8] Преди това краткият курс по опитна физика се води от д-р Александър Христов (1872 - 1951) и Петър Пенчев (1873 - 1956). През учебната 1938/9 година курсът се поема от новоизбрания доцент по опитна физика Емил Джаков (1908 - 1978). След Втората световна война за кратко курсът се чете от Александър Раев [7].

Катедрата по експериментална физика е създадена през 1894 г. Тя се ръководи от П. Бахметьев до 1906 г. Приемник на Бахметьев и ръководител на катедрата по опитна физика от 1909 г. до 1937 г. е д-р А. Христов. След неговото пенсиониране за професор по опитна физика е избран Г. Наджаков [7].

Катедрата по експериментална физика е основа за създаването на нови катедри. През 1909 г. тя е преименувана в катедра по експериментална физика и метеорология. За доцент по метеорология през 1920 г. в нея е избран Русчо Райнов (1886 - 1965). Самостоятелна катедра по метеорология съществува от 1924 г. По-късно към нея постепенно са добавени геофизика и специална (атомна) физика. Основите на атомната физика обаче са положени още в катедрата по опитна физика и метеорология с избирането на П. Пенчев през 1919 г. След пенсионирането му за доцент по специална физика, метеорология и геофизика е избрана през 1939 г. д-р Елисавета Карамихайлова (1897 - 1968) [7].

Над тридесет курса са четени от физическите катедри от създаването на Физико-математическия факултет до края на Втората световна война. Експериментални са курсовете по опитна физика, метеорология, техническа и атомна физика. По тях се

провеждат и практически упражнения. В преподаването на експерименталните курсове се наблюдава застой през първите 20 години на 20-ти век [9].

Лекциите по експериментална физика първоначално включват въпроси от електротехника и измерителни методи, които по-късно са отделени в самостоятелни курсове.

Запазените литопечатни лекции по експериментална физика от 1894 - 1896 г. включват разделите: *“измерителни инструменти, абсолютни измерителни единици, CGS измерителна система; механика, акустика, топлина, оптика”*, четени от М. Бъчеваров теоретично и *“електричество и магнетизъм, допълнително за електрическите вълни, практическа част за модерните по това време електрически апарати”*, които П. Бахметьев чете описателно [9].

Професор Бахметьев въвежда самостоятелен курс по “Измерителни методи” през есента на 1898 г. Лекциите по “Опитна физика” на д-р А. Христов не съдържат практически приложения. П. Пенчев продължава традицията и чете специален курс по “Измерителни единици и методи” (1919/20 - 1937/8). С напускането на П. Пенчев курсът е прекратен. Г. Наджаков добавя теми от измерителните методи в основния курс по опитна физика. Такива са: *“измерителна физика и общо за измерителните методи, измерителни грешки, абсолютна грешка, как да записваме измерванията или изчислителните резултати, вземайки под внимание точността на измерване, теория на най-малките квадрати, как измерителните грешки се отразяват върху всички измервани величини, апроксимационни методи за изчисление, начини за представяне на измерителните резултати”* и др. [9].

Предшественик на курса по техническа физика са лекциите по “приложения на електричеството в практиката”, четени от професор Бахметьев през 1902/3 - 1903/4. В закона за Университета от 1904 г. е предвидена катедра по индустриална физика. С изгонването на Бахметьев курсът е прекратен и катедрата не е създадена до Втората световна война. През учебната 1935/6 година Наджаков подновява курса под името “физически основи на електротехниката”. От 1939 г. курсът се чете от Е. Джаков като “техническа физика” [9].

Атомна физика пръв чете П. Пенчев (1919/20 - 1937/8) в СУ. Той нарича курса “Електрически явления в газове с радиоактивност”. От 1939/40 г. д-р Е. Карамихайлова чете “опитна атомистика с радиоактивност” и въвежда два нови курса по “спектрален анализ” (1941/2 - 1944/5) и по “луминесценция и проводимост на твърди тела” (1942/3 г.). Лекциите й по “Опитна атомистика с радиоактивност” са отпечатани през 1943 г. [9].

Метеорологията първоначално се чете от М. Бъчеваров (1898/9 - 1905/6). Р. Райнов въвежда нови курсове по: “атмосферна динамика” (1921/2 - 1944/5), “атмосферна оптика, акустика и електричество” (1921/2 - 1944/5); “метеорологични и климатични състояния в България” (1921/2 - 1944/5); “практическа метеорология” (1921/2 г.) и “метеорологични инструменти” (1923/4 г.). За другите факултети той чете два допълнителни курса: по “метеорология и климатология” (1923/4 - 1944/5) и по “сеизмични вълни” (1930/1 - 1934/5), по-късно курсът е наречен “геофизика” (1935/6 - 1944/5). Лекциите му по “Метеорология” за студентите от сродните факултети са отпечатани през 1935 г. [9].

Астрономията е създадена като наблюдателна дисциплина във Физико-математическия факултет на Висшето училище. М. Бъчеваров започва да чете първия курс по астрономия през пролетта на 1892 г. Той създава катедрата по астрономия през 1894 г. и Астрономическия институт през 1910 г. [9].

Литографското издание на лекциите по астрономия на М. Бъчеваров от 1894/5 г. съдържа разделите: сферична астрономия, планети и небесна механика [9].

Общият курс по астрономия е разделен през 1897 г. на четири самостоятелни курса по: сферическа астрономия, практическа астрономия, небесна механика и астрофизика. От 1904 г. те са събрани в два курса: по сферическа и практическа астрономия и по теоретична астрономия [9].

Броят на асистентите във Физическия институт на СУ нараства равномерно до 1938 г. (1889 г. - един; 1895 г. - двама; 1904 г. - трима; 1918 г. - пет; 1931 г. - шест). До началото на Втората световна война той отговаря на създадените физически лаборатории и семинари. През периода 1939-1949 г. броят на асистентите нараства и достига 16 [7].

1.3. Организиране на експериментални изследвания в областта на физическите науки в България.

Организирането на експериментални изследвания в областта на физическите науки започва след Освобождението на България. Основите на експерименталната физика у нас са поставени от действителните членове на Българското книжовно дружество Спас Вацов (1856 - 1928) и Порфири Бахметьев (1860 - 1913). С. Вацов организира метеорологична и сеизмологична служба в България. Порфири Бахметьев създава Физически институт при Висшето училище в София и прави в него изследвания по магнетизъм, термоелектричество, земни токове, земен магнетизъм, електротехника и биофизика [10].

В началото на 20-ти век организацията на научните изследвания в областта на физическите науки във Физическия институт на Университета е сведена до личната инициатива на преподаватели и асистенти.

Нов етап е подготовката на докторанти по физика, който започва след приемането на правилник за академичния изпит във Физико-математическия факултет на 1 юли 1928 г. [11].

За докторантура по физика до 1950 г. се записват 10 кандидати. Доктори по физическите науки стават четирима от тях. Три от защитените работи са експериментални.

Първ защитава Любомир Кръстанов на 14 юли 1938 г., след като работи осем години под ръководството на професор Иван Странски (1896 - 1979) по темата *“Върху отлагането на йонни кристали единъ върху другъ”*. Рецензенти са професор Г. Наджаков и извънредният професор Р. Райнов. За устен изпит е зададена темата: *“Колоидметеорологични процеси въ атмосферата”* [12].

Разум Андрейчин работи под ръководството на професор Наджаков седем години: *“Върху произхода на електродвижещата сила при фотоволтаичните ефекти”*, която защитава успешно на 5 юли 1940 г. Рецензенти са доцент д-р Е. Карамихайлова и професор Н. Бонев. За устен изпит е зададена темата: *“Съвременното състояние на въпроса за еволюцията на звездите”* [12].

Виктор Врански идва в Университета с готова теза, изработена в Пражкия университет под ръководството на В. Долейшек. Професор Г. Наджаков става консултант, а д-р Е. Карамихайлова и Р. Райнов - рецензенти на темата му *“Изследване на квадруполовите и недиаграмовите линии въ L' спектра на танталъ, волфрамъ и платина”*. Темата за устен изпит е *“Кондензационните процеси и разпределението на валежите въ България”*. Защитата е проведена на 29 декември 1941 г. [12].

През първата половина на XX век броят на докторантите по физика (10) е много по-малък в сравнение с докторантите по химия (58) или геология (28) във Физико-математическия факултет на СУ. За изработването на докторска теза по физика у нас са необходими средно 11 семестъра, двойно повече от времето, необходимо за докторат по химия (6,7 семестъра) или по математика (4,8 семестъра) [12].

II. ТЕОРЕТИЧНАТА ФИЗИКА В БЪЛГАРИЯ

2.1. Математически методи в българските гимназиални учебници по физика.

Математическите методи навлизат в българските гимназиални учебници по физика през последната четвърт на XIX век. Иван Гюзелев (1844-1916) пръв дава формули и задачи в учебника си “Ръководство към физиката”, отпечатан през 1874 г. Математически методи използват в лекциите си по опитна физика М. Бъчеваров и Г. Наджаков.

2.2. Преподаване на теоретичната физика в СУ.

Преподаването на теоретичните дисциплини в областта на физическите науки във Физико-математическия факултет на СУ започва с аналитична механика. Вторият етап в развитието на физиката в СУ започва в края на 90-те години на 19-ти век с опит да се четат теоретично и останалите раздели на физиката [13]. Вместо това учебната дейност по физика и математика е обединена. През следващите 20 години двата отдела имат обща учебна и изпитна програма. Изучаваните специалности са “математика” и “математика и физика”. Самостоятелна специалност физика е въведена след създаването на катедрата по теоретична физика, с което започва разделянето на учебната дейност по физика и математика [14]. Оценките за научните трудове на кандидатите в конкурсите на физическите катедри обаче продължават да се правят от физици и математици. Стига се до парадоксалния факт в конкурс за физическа катедра и двамата рецензенти да са от математически катедри [15].

Катедрата по аналитична механика е първата теоретична катедра в областта на физическите науки във Физико-математическия факултет на СУ. Създадена е през 1894 г. като физическа катедра. През 1904 г. тя е разширена в катедра по аналитична механика и математическа физика. Самостоятелна катедра по математическа физика е предвидена в закона за Университета от 1909 г. Аналитичната механика става математическа катедра през 1924 г.

Курсът по аналитична механика е въведен във Висшето училище в София от Михаил Момчилов през есента на 1891 г. М. Момчилов остава само една година. Дългогодишен преподавател по аналитична механика е Спиридон Ганев (1893/4 - 1909/10). Той чете редица нови курсове като: “математическа теория на топлината” (1897/8 г.), “термодинамика” (1904/5 г.), “механика на системите” (1901/2 г.), “динамични уравнения и теория на гравитацията” (1906/7 г.) и “теория на Нютоновия потенциал” (1908/9 г.). Титуляр на катедрата по аналитична механика в СУ става Иван Ценов (1883 - 1967). Той е избран за доцент през 1914 г. и за професор през 1922 г. Лекциите му по “Аналитична механика” са отпечатани в две части през 1923 г. и 1924 г. [9].

Разделянето на учебната дейност на отделите физика и математика във Физико-математическия факултет на СУ започва след създаването на катедрата по математическа физика. Георги Иванов Манев (1884 - 1965) е избран за доцент по математическа физика през 1921 г. и за професор по теоретична физика през 1935 г. [16].

Г. Ив. Манев чете в СУ основния курс по “теоретична физика” (1921/2 - 1943/4) и въвежда няколко нови курса по: “теория на относителността” (1922/3 г.), “квантова теория” (1931/2 г.), “основи на квантовата механика” (1933/4 г.), “статистическа механика” (1935/6 г.), “електронна теория” (1936/7 - 1938/9), “топлинно лъчение, атомна и квантова теория” (1939/40 г.). Лекциите му по “Основи на теоретичната физика” са отпечатани в два тома през 1938 г. и 1940 г. [15].

Курс по векторно смятане за физици Г. Ив. Манев чете от есента на 1923 г. През 1934 г. курсът е отпечатан със заглавие “Въведение във векторното смятане с приложения и задачи” [9].

Астрономията става теоретична дисциплина след избирането на математика Никола Бонев (1898 - 1979) за доцент (1928 г.) и титуляр на катедрата по астрономия (1937 г.). Н. Бонев чете курса по астрономия без практическия му раздел. Той въвежда курс по “геодезия” през 1931 г. и “висша геодезия” от 1940/1 г. За студентите от другите факултети той чете “геодезия”, “висша геодезия” и “чертане на планове” (1935/6 г.). Лекциите на Н. Бонев по “Сферична астрономия” са отпечатани през 1940 г. [9].

2.3. Теоретични изследвания в областта на физическите науки в България.

2.3.1. Първата теоретична публикация на българин в областта на физическите науки принадлежи на д-р Димитър Стефанов Мутев (1818 - 1864). Тя е отпечатана в Берлинския университет през 1842 г. на латински език [17]. Публикацията представлява докторска дисертация по физика от областта на теоретичната метеорология.

За тема Мутев избира оценката на един от методите за определяне влажността на въздуха. Под ръководството на професор Паул Ерман той защитава тезата си “За психрометрията” [18].

Психрометърът е уред за определяне абсолютната влажност на въздуха. В него се използва физическото явление охлаждане при изпарение. Теорията за скритата топлина е създадена през 1815 г. от Жозеф Луи Гей-Люсак (1778 - 1850). [19].

Д. Мутев анализира уредите за измерване влажността на въздуха и стига до извода, че психрометърът е най-добрият уред. Той оценява точността на формулите за изчисляване пъргавината на водната пара и пъргавината на наситената водна пара при температури над и под 0 °C. Изводът му е, че няма психрометрична формула, която да разрешава достатъчно точно проблема на хигрометрията [20].

Макар че д-р Д. Мутев умира твърде млад, научният му труд е разпространен у нас и оказва влияние върху физическите науки в България. На тази мисъл ни навежда ролята, отделена на математиката за създаването на физическите науки във Висшето училище в София в края на 10-ти век.

2.3.2. Ожесточен научен спор се води между привържениците на теоретичната и математическата физика във Физико-математическия факултет на СУ през първата половина на 20-ти век. Той възниква след като в закона за Университета е променено името на катедрата от математическа на теоретична физика.

Спорът се заражда между професора по теоретична физика Г. Ив. Манев и професора по интегрално и диференциално смятане Кирил Попов (1880 - 1966). К. Попов използва термина математическа физика, а Г. Манев - теоретична физика, като двамата влагат различно съдържание в тези понятия [15].

Спорът за математическа или теоретична физика става повод за разделяне на учебните програми по физика и математика и за създаването на самостоятелен учебен отдел по физика във Физико-математическия факултет на СУ през 1933 г. [15].

Университетските преподаватели по математика и физика също се разминават във вижданията си за същността на катедрата по теоретична физика. Противоречията започват със спорове за името на катедрата математическа или теоретична физика, преминават през тенденциозно отрицателни оценки на рецензентите-математици върху научните приноси на Г. Ив. Манев и завършват с решение на факултетния съвет за отнемане правото му да бъде професор по теоретична физика в СУ през 1948. [15].

2.3.3. Организирането на теоретични изследвания в областта на физическите науки започва в България след Втората световна война. Първият теоретик в областта на физическите науки, подготвен в СУ, е Малина Малчева. Тя работи три години под ръководството на професор Н. Бонев над: *“Изследвания върху определянето на посоката на меридиана и други сродни проблеми”* и защитава на 1 юли 1949 г. За рецензенти са избрани К. Попов и Е. Карамихайлова. Тема за устния изпит е

“Приносът на атомната физика за изясняване състава и състоянието на звездите”. М. Малчева е последният доктор на физическите науки по стария закон [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Експерименталните и теоретични методи във физиката са въведени в българските училища през 19-ти век с около 50 години разлика. Учебници по опитна физика се използват в първите български прогимназии от 1817 г. Формули и задачи по физика се срещат в българските гимназиални учебници по физика от 1874 г.

Сама по себе си идеята за математизацията на физическите науки е прогресивна в началото на 20-ти век. Реализирането ѝ в буквалния смисъл като изкуствено обединяване на математиката и физиката във Физико-математическия факултет на СУ дава лоши плодове. Застоят в развитието на висшето образование по физика в България през първите 20 години на 20-ти век се изразява в намаляване броя на четените от физическите катедри теоретични и експериментални курсове; свеждане на теоретичната физика до равнището на аналитичната механика и омаловажаване ролята на експерименталните изследвания в областта на физическите науки.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. Сретенова, Н. Университетът и физиците. Начало. Херон прес, София, 2000.
2. Камишева, Г. Физиката в свищовското училище на Емануил Васкидович. *Светът на физиката*, 1993, кн. 3, с. 168-172.
3. Вардалахос, К. Опитна физика, съдържаща най-новите изобретения. Виена, Австрия, в печатницата на Леополд Грунд, 1812 г. (на гръцки език).
4. Ваврек, А, Г. Камишева, М. Борисов. Приносът на гръцките и елино-българските училища за преподаване и популяризиране на физиката сред българите. *Списание на БАН*, 1993, кн. 2, с.70-76.
5. Борисов, М., А. Ваврек, Г. Камишева. Основоположници на физическите науки в България. София, изд. НП, 1988.
6. Kamisheva, G. Porphyry Bachmetjew 1860-1913. Biographies of famous Physicists. *EPS*, UK, 2000.
7. Камишева, Г., А. Ваврек. Преподаването на експерименталната физика в СУ до 1949 г. *Сборник доклади на XXVIII Национална Конференция по Въпроси на Обучението по Физика*, 11-14 май 2000, Свищов, с. 334-337.
8. Kamisheva, G. Georges Nadjakoff 1896-1981. Biographies of famous Physicists. *EPS*, UK, 2000.
9. Kamisheva, G., A. Vavrek. Contents of the Courses in Physics in the Sofia University (1889-1945). *Bulgarian Journal of Physics*, V. 27, 2000, No. 4, pp. 59-62.
10. Борисов, М., А. Ваврек, Г. Камишева. Физически науки. Из историята на Българското книжовно дружество 1869-1911. изд. М. Дринов, С., 1994, с. 115-133.
11. Ваврек, А., Г. Камишева. Присъждане на докторска научна степен по физика в СУ до 1950 г. *Светът на физиката*, 1999, кн. 2, с. 130-134.
12. Vavrek, A., G. Kamisheva. The Doctors in Physical Sciences in Bulgaria (1842-1950). *Proceedings Supplement of Balkan Physics Letters*, V. 5, 1997.
13. Kamisheva, G., A. Vavrek. Milestones in the Development of Physics in the Sofia University (1889-1945). *Bulgarian Journal of Physics*, v. 27, 2000, No. 4, pp. 55-58.
14. Камишева, Г. Как се стига до създаване на самостоятелна специалност физика в СУ. *Светът на физиката*, 1992, кн. 2, с. 104-109.

15. Камишева, Г., А. Ваврек. Професор Манев и споровете за математическа или теоретична физика в Университета (1921-1944). I-II част. *Сборник с доклади на XXIX Национална конференция по въпросите на обучението по физика*, 10-12 май 2001, Смолян, с. 183-190.
16. Камишева, Г., А. Ваврек. Нови данни за професора от СУ Георги Иванов Манев (1884-1965). *Сборник с доклади на XXIX Национална конференция по въпросите на обучението по физика*, 10-12 май 2001, Смолян, с. 179-182.
17. Mutieff, D. De Psychrometria. Dissertatio Physica, Berolini, 1842.
18. Камишева, Г. 180 години от рождението на първия учен метеоролог българин Д-р Димитър Стефанов Мутъев (4 септември 1818 - 13 януари 1864). *Светът на физиката*, 1998, кн. 2, с. 145-148.
19. Frisinger, H.. The History of Meteorology to 1800. Science History Publications, New York, 1977.
20. Kamisheva, G., A. Vavrek, M. Borissov. A Contribution to the Portrait of Demetrius Mutieff as a Meteorologist. *Proceedings Supplement of Balkan Physics Letters*, v. 5, 1997.

Рубриката се спонсорира от КИАЕМЦ
(Комитета за използване на атомната енергия за мирни цели)

ЕНЕРГИЯ НА БЪДЕЩЕТО*

Физиците участват компетентно в развитието на нови технологии за обезпечаване на енергия и за енергийна ефективност

В началото беше огънят. Откакто човек се е научил да използва източници на енергия, развитието на човечеството е непрекъснато. Едва с парната машина обаче механичната енергия започва да се получава почти независимо от мястото и времето. Поради това парната машина бележи началото на постоянно нарастващата необходимост на хората от енергия.

Получаването на енергия днес е една от приоритетните инфраструктурни задачи на една държава - без енергия няма индустриално производство, енергията осигурява мобилност и улеснява живота. Например понастоящем в Германия на глава от населението се пада консумация на първична енергия, възлизаща на почти 50 пъти собствените нужди на един човек ($2500 \text{ kcal} = 10\,467 \text{ kJ} = 2,908 \text{ kWh}$), а за жител на САЩ - дори около 100 пъти.

Чрез изграждането на стабилна и мощна енергийна система индустриалните нации са създали основата за високия си жизнен стандарт. Изгарянето обаче на изкопаемите горива нефт, въглища и газ доведе до нарастване на концентрацията на CO_2 в атмосферата, което по мнението на преобладаващия брой учени води до затопляне на Земята. Заедно с това запасите от изкопаеми горива са все пак крайни и все някога ще бъдат изчерпани. Как ще бъдат тогава задоволени бъдещите потребности на човечеството от енергия?

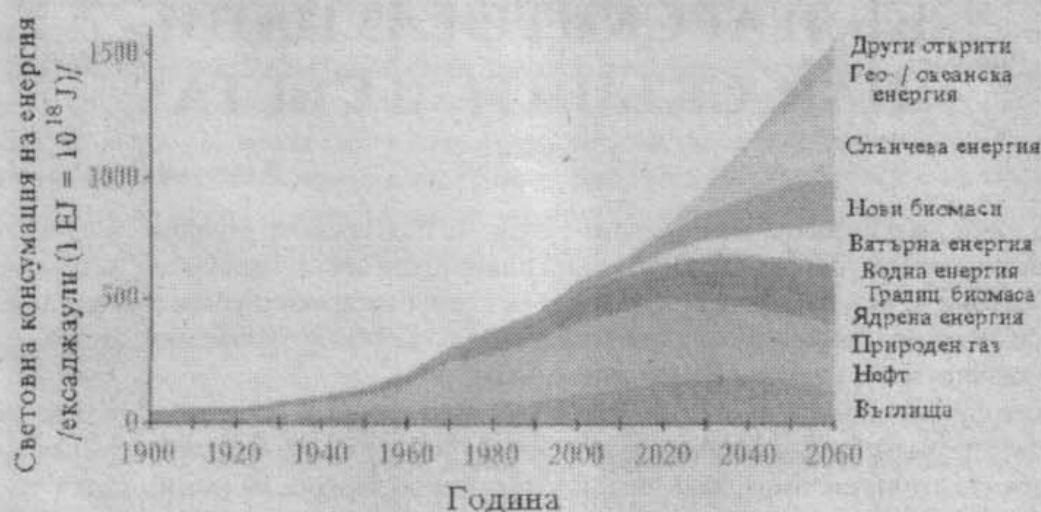
Този проблем засяга и физиците, които в много отношения биха могли да допринесат за решаването му. Преди всичко трябва да се пести енергия и то както при производствените процеси, така и в жилищните и другите сгради. Трябва да се повишава и ефективността - главно при технологиите за преобразуване на енергия. И на трето място трябва да се разработват нови технологии за получаване на енергия. Експертите са единодушни, че засега не можем да се откажем от правото си на избор и трябва да продължим да развиваме както получаването на енергия от изкопаеми горива и възобновяеми източници, така и ядрената и термоядрената енергия.

Центърът на внимание в този брой (на *"Physikalische Blätter"*) е "Енергията на бъдещето". Разгледани са въпросите от гледище на физиката за ядрената енергетика, слънчевата енергия, технологията при строежа на сградите, термоядрения синтез, намаляването на емисиите на CO_2 в атмосферата и съчетаното получаване на електрическа и топлинна енергия.

Според оценки на компанията "Shell" през следващите 50 години потребностите от енергия в световен мащаб ще нараснат около 3 пъти. Нарастването на относителния дял на изкопаемите горива ще продължи до около 2020 г., след което чрез намаляване на разходите все по-значителна роля ще започнат да имат възобновяемите източници на енергия. Това е показано на фигурата.

Федералното правителство на Германия реши неотдавна да се откаже от ядрената

* Редакционна статия на едно от списанията на Германското физическо дружество *"Physikalische Blätter"*, т. 57 (2001 г.), кн. 11. Тази статия е уводна към главната тема "Енергия на бъдещето", разглеждана в тази книжка, и обхващаща няколко много интересни статии на водещи учени и специалисти, на физици, във ФРГ. Редакционната колегия на списанието на СФБ *"Светът на физиката"* възнамерява да запознае читателите с някои от тези статии. - Бел. прев.



енергетика до 2020 г. Въпреки това или вероятно точно поради това в една от статиите, "Има ли ядрен реактор, който да не крие риска от катастрофални аварии?", се разглежда ядрената енергия и вероятността за перспективите ѝ в бъдеще, когато емисиите от CO_2 трябва значително да бъдат намалени и когато се очаква поскъпване и евентуално изчерпване на изкопаемите горива. В тази статия се описва високотемпературен реактор със сферични графитни топлоотделящи елементи, в който е изключено разтапяне на активната зона.

Сравнително нов източник на енергия е преобразуването на слънчева енергия. От началото на петролните кризи през 70-те години на 20-ти век започна интензивно да се подобрява съотношението "разходи/полза" в тази област. Оттогава производството на електрическа енергия по този метод нарасна стотици пъти, а разходите са намалели от 3 до 4 пъти. Съществуват вече и сгради, т. нар. "къщи с нулева емисия", които целогодишно произвеждат средно повече енергия отколкото изразходват.

Като източник на енергия за бъдещето широко се обсъжда и термоядреният синтез. Ако планираният експеримент "Международен термоядрен експериментален реактор" (съкратено: ITER) докаже принципната възможност за получаване на енергия, то след около 20-25 години би могло да се започне изграждането на първата електроцентрала на този принцип. Предимствата на подобен реактор биха били високата степен на безопасност, почти неограничените запаси от горива за целта, отсъствието на емисии и сравнително малките количества радиоактивни отпадъци.

В началото на 70-те години на 20-ти век индустрията в Германия е използвала около 40 % от произвежданата енергия. Сега този дял възлиза само на 26 %. Възможностите за намаляване обаче не са изчерпани, тъй като ефективността при използване на енергията може още да се повишава. Този въпрос е също възлова тема в тази поредица статии.

Търсенето на ефективни методи за намаляване на емисиите на CO_2 е важна насока, която трябва да съчетава екологичните с икономическите изисквания. Това е в сила и за всички аспекти на производството на енергия: науката и в частност физиката могат да предложат "само" пътищата за решаване на проблемите. В крайна сметка политиката ще бъде винаги тази, която първо определя насоките на изследванията, а по-късно директно, чрез енергийната стратегия на страната, планира и осъществява бъдещето развитие на енергийната система. Обществото, законите и данъците са рамковите условия, върху които физиците в общия случай имат единствено индиректно влияние.

Превод: Р. Попиц

БЪЛГАРСКИТЕ ГЛУПАЦИ - НАЙ-СКЪПИТЕ В СВЕТА*

Димитър Инкьов, Мюнхен

Вие няма да повярвате, но истината е тази, че българските глупаци са едни от най-търсените и поради това, едни от най-скъпо платените в света. Причината за това явление е, че те са едни от най-големите в света. Списък от сто български глупака с имена, професия и адреси се котира на международния пазар между хиляда и две хиляди долара.

Ще кажете, кой е готов да плаща за глупаци?

Много фирми - повече, отколкото можете да си представите. Те принадлежат на западни хитреци, открили, че могат да живеят богато на гърба на българските глупаци. А българските глупаци имат това предимство, че се смятат за умни. Значи те не са обикновени, а глупаци учени, прочути и славолюбиви.

Може ли един глупак да е учен?

Може и още как.

Глупостта няма нищо общо с учеността. Иначе щяха ли българските учени от десетилетия наред да ръкопляскаат на Тодор Живков и да казват: “Както ни учи другарят Живков”?

От българските глупаци западните хитреци печелят ето как:

Тяхната фирма-шашма обикновено се състои от един човек, една банкова сметка и една пощенска кутия, на която пише “Европейски университет”, “Световна академия на изящните изкуство”, “Световна търговска академия” и много луксозни бланки, позлатени, с емблеми и гербове. След като има адресите на българските кандидати за слава, западната фирма-шашма изпраща на тези адреси едно и също писмо: “Уважаеми господине, от години наред членове на нашата Академия, една от най-уважаваните в света, следят Вашите големи постижения, постигнати при това в тежките български условия, което ги прави още по-ценни. На последния научен съвет Вие бяхте избрани единодушно за почетен професор. Необходими са ни пет снимки от Вашата личност в размер 4 на 6 сантиметра, за да можем да Ви регистрираме и изпратим златния медал и дипломата за почетен професор. Обаче, съгласно устава, почетни професори могат да бъдат само редовни членове на Академията.

Почетните професори получават от Академията на края на всяка година 10 000 долара почетен хонорар. Но за да станете редовен член на академията, изпратете веднага 600 долара членски внос на нашата банкова сметка, като ни съобщите едновременно и Вашата банкова сметка, за да Ви преведем на края на годината Вашите 10 000 долара.

С радост, че можем да Ви приемем в нашите редици,

Председател на Академията, подпис, печат.”

Е, кажете ми, кое славолюбиво българско сърце няма да подскочи от радост? И нашенецът хуква да търси 600 долара на заем и си прави снимки. След като ги изпрати, получава дипломата, но в никакъв случай не получава пари. Напротив, следващата година го молят наново да плаща членски внос. Така в България се размножават фалшивите професори и “мъже на годината”. Българските глупаци си окачват фалшивите дипломи в къщи. Съобщават за това и по вестниците. За да знае всеки, че България официално има един дипломиран, нов глупак.

За тази история реших да пиша, като прочетох във вестник “Дума” за професор Иван Славков и професор Велко Вълканов. В кой университет преподават господата? Носенето на фалшиви титли по целия свят е наказуемо, но у нас за това никой не се

грижи. Само една комисия по званията, която е към Министерството на просветата, има правото да дава професорска титла. И затова е крайно време прокуратурата да сложи ред, като наложи големи глоби на носителите на фалшиви титли.

* Тази тъжна статия е препечатана от иначе развеселяващия ни вестник Стършел, бр. 11, 16 март 2001 г.

IG – НОБЕЛОВИТЕ НАГАДИ ЗА 2001 г.

За ФИЗИКА – на Дейвид Шмидт от Университет на Масачузетс за: частично решения от него проблем за това, защо пердето в банята извършва вълнообразни движения навътре.

За АСТРОФИЗИКА – на д-р Джак и на Раксела Ван Импе от Паството на Джак Ван Импе, Рочестър Хилс, Мичиган, за тяхното откритие, че черните дупки отговарят на всички технически изисквания да са местопребиваването на Дявола.

За ТЕХНОЛОГИЯ – съвместно на Джон Кьоу от Хоторн, Виктория, Австралия, за патентоване на колелото през 2001 г., и на Австралийското патентно бюро за това, че му е признало Патент за изобретение # 2001100012.

За МЕДИЦИНА – на Петер Барс от Университета МакГил, за медицинския му доклад: “Наранявания, дължащи се на падащи кокосови орехи”, публикуван в *The J. of Trauma*, vol. 21, no. 11, 1984, pp. 990-1 (за 1999 г. - Импакт фактор 1,752!)

За БИОЛОГИЯ – на Бък Уаймер от Пуебло, Колорадо, за откритието му Under-Easy, въздухонепроницаемо бельо със сменяем въглен филтър, който неутрализира газовете с неприятна миризма.

За ИКОНОМИКА – на Жоел Слемрод от Университета на Мичиганското бизнес училище, и на Войчех Копчук от Университета на Британска Колумбия, за направеното от тях заключение, че хората намират начин да отложат смъртта си, ако това може да им даде право на по-ниски данъци върху наследство. (Вж. "Dying to Save Taxes: Evidence from Estate Tax Returns on the Death Elasticity," *National Bureau of Economic Research Working Paper No. W8158*, March 2001.)

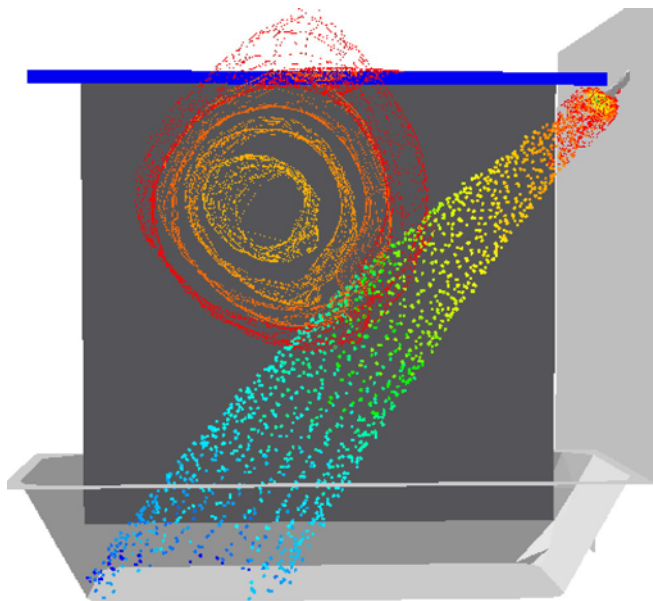
За ЛИТЕРАТУРА – на Джон Ричардс от Бостън, Англия, основател на Общество за защита на апострофа, за усилията му да пази, подкрепя и защитава разликите между функциите на апострофа като знак за притежание и за означаване на множествено число.

За ПСИХОЛОГИЯ – на Лоранс Шърман от Университета на Маями, Охайо, за авторитетния му изследователски доклад “Екологично изследване на ликуването при малки групи от деца в предучилищна възраст”, публикуван в *Child Development*, vol. 46, no. 1, March 1975, pp. 53-61.

За МИР – на Вилиумас Малинаукус от Грутас, Литва, за създаването на парк за развлечения, наречен “Светът на Сталин”.

За ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕОПАЗВАНЕ – на Читараниан Андраде и на Б. С. Срихари от Националния институт за умствено здраве и неврологични науки, Бангалоре, Индия, за медицинското им откритие, че чопленето на носа е нормална практика сред подрастващите.

Изследовател от Масачузетския университет решава мистерията на пердето в банята



Амъст, Масачузетс – Няма спасение от ежедневната досада от пердето в банята, което се огъва навътре и залепва към изпъкнали части на тялото, но можем да обясним явлениято благодарение на учения от Масачузетския университет. Дейвид Шмидт, доцент в катедрата по механично и индустриално инженерство, решава да състави план на силите, действащи на пердето в банята. Областите на изследванията му включват компютърно моделиране на течни струи и проблемът с пердето е един от онези, които той неколккратно се опитва да реши.

Според Шмидт “Това е популярен проблем”. “Добре е човек да знае отговора.”

А това не е толкова просто, колкото изглежда на пръв поглед. Досега обясненията на движенията на пердето в банята са само теоретични. “Беше въпрос на противопоставяне на различни мнения”, казва Шмидт. С помощта на готов софтуер, преправен от Шмидт, за да могат да бъдат моделирани струи, за две седмици на домашния си компютър той създава модел на типичен душ и разделя пространството под него на 50 000 подобласти. В програмата се използва изчислителна флуидодинамика, с която се пресмята запазването на импулса и на масата за всяка от подобластите за интервал от 30 s. “Пердето се засмуква навътре, защото налягането от вътрешната страна е по-ниско”. Шмидт открива, че има две сили, които създават това понижено налягане – ефектът на Бернули и движещите се кухини, - а комбинацията на тези сили никога не е била изтъквана.

Ефектът на Бернули е принципът зад летенето, създаващ подемната сила. Той се наблюдава в близост до самия душ, тъй като въздухът се движи по-бързо и предизвиква подналягане. Движещите се кухини са свързани със струята. Макар капките да се ускоряват от гравитацията, в действителност те се забавят поради аеродинамичното притегляне. Реакцията на това е задвижване на въздуха в стабилни кръгове, наречени вихри, които биват поддържани от непрекъснатото течение на душа.

Всеки може да изпробва модела на Шмидт. “Най-добрият начин за това е да пуснете душа – по-добре става със студена вода. Използвайте леко, тънко перде и мощен накрайник на душа. Застанете отвън, пъхнете си главата зад пердето и духнете цигарен дим.”

Е-mail-а на Дейвид Шмидт е: SCHMIDT@ecs.umass.edu.

Превод (по материали от Internet): **И. Русев**

ХАРМОНИЗАЦИЯ НА СТАНДАРТИТЕ ПО ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ ЛЪЧЕНИЯ

ст.н.с. Мишел Израел, НЦХМЕХ, София

През периода 27 април – 3 май 2001 г. във Варна се състоя форум на Световната здравна организация (СЗО) с изключително висока резултатност. Това беше Източноевропейската регионална среща по електромагнитни лъчения (ЕМЛ) и работно съвещание на тема **“Измерване и критерии за хармонизация на стандартите в областта на облъчването с ЕМЛ”**. По време на форума СЗО организира и **“Среща по хармонизация на стандартите”**, като част от плана на Международния проект “ЕМЛ и здравето на населението”.

Форумът беше организиран от български екип – членове на Националния програмен колектив по Международния проект на СЗО по ЕМЛ, като основен организатор беше Министерството на здравеопазването на Република България, респективно Националният център по хигиена, медицинска екология и хранене.

Във форума участваха общо 112 специалисти в областта на оценката на експозицията и риска от въздействието на ЕМЛ, от които 41 чужденци от 21 страни от всички континенти на планетата.

На срещата бяха поканени известни учени в областта на електромагнитните въздействия, които изнесоха 19 тематични доклада, свързани със стандартите на различни страни в света и възможността за хармонизация. Бяха представени и 31 постера с конкретни научни изследвания на различни колективи в света.

На последното заседание на СЗО (7-8 юни 2001 г.) в Женева беше отчетено, че работното съвещание на СЗО във Варна е постигнало своите резултати, а именно:

- За пръв път учените от всички страни, работещи в областта на оценката на риска от въздействието на ЕМЛ, говореха на общ език;
- Получи се разбиране между различните школи в областта на хигиенното нормиране по следните по-важни въпроси:
 - Критериите за разработка на прагове на въздействие (чрез повтаряне на ключови изследвания и чрез обзор на недостатъчно пълно рецензираната литература по проблема);
 - Моделите за разработване на стандарти (“дозният подход” и “специфичната погълната енергия” – SAR, по индуктираните токове в човека и др.);

Какви са фундаменталните резултати за науката от това изключително събитие в нашата страна?

- Постигнатото съгласие по отношение на разработването на рамка за унификация на стандартите (по праговете на вредния ефект от въздействието на електромагнитните лъчения) в международен мащаб ще позволи да се уеднаквят критериите за вредното биологично действие на тези лъчения и по този начин да се създават уреди и технологии, защитаващи човека еднакво в различните страни в света.

- За първи път учените от Източна Европа и тези от останалите страни говореха на един научен език и се опитаха да вникнат във философията на изследванията на въздействието на лъченията на различните школи в света.

- Сериозно бяха обсъдени въпросите за възможната канцерогенеза на електромагнитните лъчения. В настоящия момент учени от всички страни, заедно с Международната агенция по изследване на рака, задълбочено проверяват данните от научната литература по този проблем и ще излязат с окончателен доклад през 2003 г. Доказателствата, че електромагнитните лъчения могат да предизвикат някои специфични видове рак, са малко и недостатъчни, за да се твърди, че тези лъчения са канцерогенни. Това не означава, обаче, че съмненията не остават и че не трябва да се извършват още допълнителни изследвания по този въпрос.

- Още един здравен проблем е т.нар. “свръхчувствителност” към електромагнитните лъчения. Много хора се оплакват от това “заболяване”: нервно напрежение, главоболие, усещане за затопляне, “мравучкане” или бодене по кожата и т.н. Все още не е ясно дали електромагнитните лъчения са тези, които водят до тази чувствителност на определен процент от населението на Земята, но е ясно, че те също допринасят за неблагоприятното самочувствие на хората.

- Един изключителен резултат е този, че учените в областта на електромагнитните въздействия върху човека приеха да се изследва действието и на нискоинтензивните електромагнитни лъчения. В следващите години трябва да бъдат разработени прагове не само за термичното действие на вълните, но също и за нетермичното продължително (хронично) въздействие. Такова е облъчването на населението в населените места и в бита, както и в повечето професии, свързани с източници на електромагнитни лъчения.

- Изследванията на сърдечно-съдовата система, централната нервна система и други, извършвани години наред в източноевропейските страни, ще бъдат внимателно преценени по отношение на резултатите им и те ще бъдат използвани за разработване на прагове на въздействието, които да се приемат в целия свят за основа на нови норми и стандарти.

- Един от най-важните резултати беше постигането на съгласие по голям брой въпроси на здравето на населението. Мнението на представителите на СЗО и на Военно-въздушните сили на САЩ, както и на останалите представители на държави и международни организации беше, че в България по това направление е работено задълбочено и резултатите на нашата малка страна ще бъдат използвани в бъдеще за изясняване на вредните въздействия на електромагнитните лъчения върху човека и за обединяване на усилията на учените за опазване здравето на населението в световен мащаб.

Съвещанието даде възможност за пръв път от 10 години да се съберат представителите на страните от Източна Европа, които се занимават с изследване въздействието на ЕМЛ върху човека и с хигиенно нормиране. Това е едно начало за включването им в световния процес за хармонизация на стандартите по ЕМЛ, както и за разбирателство в областта на философията на нормирането.

Не на последно място трябва да отчетем, че организирането на този форум, финансиран от СЗО, както и от Военно-въздушните сили на САЩ, е голяма чест за България. На нашата страна е оказано доверие и чрез включването ни в международните дейности по нормирането на тези сложни и много неясни засега от биологична гледна точка фактори на средата.

НАГРАДА НА ФОНДАЦИЯ “ЕВРИКА” ЗА 2001 г.

На 10 януари т.г. в Тържествената зала на Централния военен клуб Фондация “Еврика” връчи, съвместно с Висшата атестационна комисия, наградата си за **постижения в науката на физика Кирил Борисов Маринов.**

Г-н Маринов е роден през 1973 г. Завършил е Природоматематическа гимназия “Васил Друмев” във Велико Търново, а след това - СУ “Св. Кл. Охридски”, специалност “Физика”, със златен медал. Класиран е на призово място в Националната олимпиада по физика през 1991 г. Бил е стипендиант на Фондация “ЕВРИКА” през 1991 и 1992 г.

От 1998 г. Кирил Маринов е редовен докторант към катедра “Радиофизика и електроника” на СУ “Св. Кл. Охридски”. През 2001 г. защитава дисертация на тема *“Влияние на нелинейно-индуцираната дифракция върху пространствените оптични солитони”*. Избран е за асистент към Физическия факултет на СУ.

Дисертацията е осъществена под ръководството на проф. дфн Антония Шиварова и проф. дфмн Димитър Пушкарров и представлява изследване с фундаментален характер в областта на нелинейната оптика - оптични снопове и пространствени солитони - мотивирано и иницирано от практическо приложение в информационните и комуникационните технологии за устройства с напълно оптично превключване.

В съвременните оптични комуникации информацията се пренася от светлинни импулси, разпространяващи се по оптични влакна на големи разстояния и с висока скорост, което поставя високи изисквания и към устройствата, управляващи и пренасочващи информационния поток в междинните звена на телекомуникационните мрежи. За постигането на високи скорости на превключване интензивно се разработват и изследват т.нар. устройства за “напълно-оптично превключване”, в които информационният поток се управлява без междинно електрично преобразуване. За решаването на проблема за напълно-оптичното управление на информацията големи надежди се възлагат на пространствените оптични солитони. Това са особен вид светлинни снопове, които са предмет на много интензивни изследвания.

В дисертацията на асистент д-р Кирил Маринов е предложен нов скаларен модел на нелинейна дифракция, адекватен към описанието на тесни оптични снопове и солитони. Показани са и са анализирани както произходът на нелинейната дифракция, така и резултатите от проявата ѝ при контрол на поведението и пренасочването на тесни оптични снопове в устройства с напълно оптично превключване. Нелинейната дифракция е определена като универсален (несвързан с конкретна нелинейна среда) механизъм, ограничаващ стесняването на едномерните солитони с нарастването на мощността и предотвратяващ катастрофалния колапс на двумерните азимутално-симетрични солитоноподобни снопове (“оптични игли”) в обемни среди с кубична нелинейност.

Резултатите от дисертацията са публикувани в 6 статии в реномирани международни списания и в 7 доклада на конференции. Известни са вече седем цитирания на статии по дисертацията.

Във връзка с Международната инициатива “Физика на сцената – II” СЪЮЗЪТ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ

обявява



КОНКУРС ЗА ИЗРАБОТВАНЕ НА ДЕМОНСТРАЦИОННИ И ЛАБОРАТОРНИ ПОСОБИЯ И УРЕДИ ЗА КАБИНЕТА ПО ФИЗИКА

в две секции: 1. За ученици в прогимназиален етап
(VI – VIII клас);

2. За ученици в гимназиален етап (IX – XII
клас).

Условия за конкурса:

* Уредите (пособията) да са придружени с
описание, включващо:

- Предназначение;
- Техническо описание;
- Указание за работа;
- Данни за автора – име, клас, училище, телефон за връзка и
име на преподавателя по физика.

* Уредите (пособията) трябва да са изпробвани преди представянето им.

! Не се притеснявайте, ако уредите (пособията) Ви са направени с подръчни материали,
тъй като:

Най-важните критерии за оценка са:

- * Ползност за обучението по физика и
- * Удобство при работа.

Консултации с преподавателите по физика, естествено, са разрешени!

Някои идеи за демонстрационни лабораторни уреди (пособия) освен в
учебниците по физика можете да намерите и в книгите:

- ✓ “Учебният експеримент по физика” – в 2 части от Борис Попов и Драгия Иванов;
- ✓ “Лабораторни работи по физика за средното училище” – в 4 части от Драгия Иванов;
(има ги при преподавателите по физика във всяко училище).
- ✓ “Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы” – в 2 части
под ред. А. А. Покровского.

Срок за предаване на материалите: **21 юни 2002 г.**

в **Политехническият музей**, ул. Опълченска” № 66.

Изложби и демонстрации от авторите на всички представени в срок експонати,
както и награждаването на победителите в Конкурса –
в Политехническият музей на **29 юни 2002 г. от 10⁰⁰ часа**.

Ще се състои и среща с учители с опит в експерименталната работа с ученици. След
конкурса експонатите остават за кабинетите по физика в съответните очила или, ако там вече
има подобни, се разпределят в други училища.

Информация за конкурса е на разположение при преподавателите по физика и в
Интернет: <http://galileo.phys.uni-sofia.bg/~scr/demophys>

Уважаеми преподаватели по физика, заповядайте на изложбата заедно с проявяващите
интерес ученици.

Съюз на физиците в България, Клон София,

Бул. Джеймс Баучер № 5, 1154 София, тел. 5256-440, e-mail: sfb@phys.uni-sofia.bg

ОЩЕ НЕЩО ЗА УЧЕБНИТЕ ПРОГРАМИ ПО ФИЗИКА

Христо Попов

Статията на уважавания от мен колега Л. Вацкичев ми дава добър повод да взема отношение по някои от поставените в нея важни въпроси. При това, за разлика от него, аз съм участник и в комисиите, съставили програмите за 9-ти - 12-ти клас и като такъв нося голяма част от отговорността за техните слабости. Затова написаното по-долу следва да се приема като моето обяснение (и ако читателят желае – като мой опит за оправдание) за толкова критикуваното качество на програмите.

Първо искам да обърна внимание върху състава на комисиите. В тях липсват водещите специалисти в различните раздели на физиката. Отдавна останаха в историята годините (края на 60-те и началото на 70-те на миналия век), когато в комисиите личаха имената на Милко Борисов, Асен Дацев, Иван Златев и др. Последен път, когато нашето Министерство направи опит да използва водещи физици за изготвяне на учебна документация, бе направен през 1996 г. Тогава на една представителна група, включваща учени от СУ “Климент Охридски”, ПУ “Паисий Хилендарски” и БАН и ръководена от Матей Матеев, бе възложено да изготви държавни образователни изисквания по физика. За съжаление поредните политически промени доведоха до това, че материалите от работата на тази група потънаха безвъзвратно някъде из чиновническите чекмеджета.

Оттогава насам съставът на комисиите е силно ограничен и в него водещи физици не намират място. По мое мнение това състояние е резултат от действието на поне два фактора. Единият е в МОН, другият - в самите физици. Може би ръководено от финансови съображения, а може би от съображения, че работата на голям колектив е по-бавна и неефективна, МОН съзнателно ограничава състава на комисиите до по-малко от 10 члена. Тук бих задал обаче нереторичния въпрос: ако Министерството отнапред знае, че не разполага с достатъчно средства, за да заплати труда на достатъчен брой хора с най-висока квалификация, защо изобщо се заема да прави толкова отговорни преобразования? Същевременно не може да се отрече ролята и на втория фактор. Факт е, че през последните три десетилетия водещите наши физици, увлечени в своите изследвания, загубиха онзи интерес към обучението по физика, който бе характерен за предишното поколение. Те не схванаха, че по този начин губят възможност да противодействат на пагубните тенденции, водещи до систематично разрушаване на обучението не само по физика, но по природните науки въобще.

Във връзка със състава на комисиите, които работят по учебната документация, има и други, по-технически, но не маловажни въпроси. Преди всичко, през последните 3 - 4 години МОН ни върна поне 30 години назад, като “засекрети” състава на комисиите. Публикуват се ДОИ, програми и пр., но на всички тях стои само подписът на съответния министър, а кои са хората, които са ги разработвали и съответно - носят отговорност за тяхното качество, остава неизвестно. Да напомням ли, че тази практика беше изоставена още през 80-те години? (Друг е въпросът доведе ли това до качествено подобряване на документацията.)

На второ място, не са ясни критериите, по които се подбират хората, включени в състава на комисиите. Този състав не се обсъжда и в най-добрия случай един-два дни преди министърът да подпише съответната заповед се “съгласува” по телефона с председателя на Съюза на физиците в България. (С това в случая приключва ролята на неправителствените организации - скелета на гражданското общество.) Моята работа в такива комисии не ми дава основание да твърдя, че техният състав бе оптимален.

На следващо място трябва да се споменат сроковете, в които работят комисиите.

В това отношение практиката у нас си е чисто българска. Отдавна се знае, например, че ще се правят някакви програми. Нещата обаче с месеци “зреят” някъде по кабинетите в министерството и накрая, след като излязат възлагателните заповеди, се оказва, че работата трябва да се свърши за 3 - 4 седмици. Не са били изключение случаите, когато, притеснени от времето, експертите в министерството възлагат на комисиите да започнат работа “неофициално”, т. е. без заповед, а понякога – без дори да са напълно ясни параметрите на заданието. Вярно, 3 - 4 седмици не са малко време и ако членовете на комисията се занимаваха само с правене на програма, сигурно много от слабостите биха били избегнати. Но случаят не е такъв – всички се занимават с програмата **покрай** другите си задължения, които не рядко са твърде тежки.

Само с прибързаността в работата на комисията например мога да обясня как се случи така, че в програмата за 11-ти клас темата “Електрични вериги”, в която се изучават променливи токове, се оказа **преди** темата “Електромагнитно поле”, в която се изучава законът на Фарадей за електромагнитната индукция. В този случай пропускът е лично мой. Аналогичен е случаят с темата “Топлинни машини”, която в същата програма предхожда темата за втория принцип на термодинамиката. Разбира се, нищо не пречи за топлинни машини да се учи, без да се използва вторият принцип, но така би се получил идеален пример за това, което напоследък в пресата се нарича много удачно “мозаечно образование”.

Липсата на достатъчно време се отразява и на един важен етап от създаването на програмите – етапа на обсъждане на техните проекти. Като правило и той е твърде кратък и понякога - в неудачен период. Имаше случай (ако не греша, става дума за програмите за 9-ти и 10-ти клас), когато обсъжданията трябваше да се проведат за десетина дни в най-неудачното време, когато учебната година беше приключила и учителите излизаха в отпуски. За мен показателен за качеството на обсъжданията е фактът, че в нито един от отзивите за проектопрограмата за 11-ти клас не бяха отбелязани посочените по-горе несъответствия с логиката на науката.

В резултат отзивите за проектите съдържат като правило бележки по незначителни въпроси и не засягат същността на проектите. Поради това дори и след отчитане на бележките остава отпечатъка от специфичните виждания за структурата и съдържанието на програмата на онези 2 - 3 от членовете на комисията, които по същество са я направили.

Моите надежди са, че поне по отношение на бъдещи обсъждания на проекти за учебна документация ситуацията ще се подобри. Тези надежди са свързани с решението на Управителния съвет на Съюза на физиците в България да създаде съвет по методика на обучението по физика, една от основните задачи на който да бъде изработването на компетентни мнения по подобни въпроси. (Разбира се, при условие, че се преустанови порочната практика това да се прави със срок “от днес за вчера”.)

В края на тези бележки искам да напомня една стара практика. Става дума за това, че и положителните, и отрицателните страни на една програма проличават най-ясно, когато по нея се пише учебник. Колкото и да се умува над проекта за програмата, все остават неща скрити, които се проявяват едва, когато човек се опита логически да свърже всичко в едно. Затова някога министърът слагаше подписа си над програмата едва когато бъдат одобрени и учебниците. Това беше обаче времето, когато по всеки предмет за всеки клас имаше само по един учебник. Сега нещата се усложняват от наличието на алтернативни учебници, но може би все пак може да се помисли по вариант на процедура, при която окончателното утвърждаване на програмата става след написването на учебниците.

ЧЕСТИТ ЮБИЛЕЙ!

Мълвата от коридорите на Софийския университет донесе, че почетният председател на Клуба на физика към Софийския клон на СФБ **проф. д.физ.н. Ангел Попов** е чукнал Три по Двайсет. Завистници твърдят, че са само Две по Трийсет, но нейсе – да му кажем БРАВО! НЕКА СА МУ ЧЕСТИТИ! През последните години съдбата е отредила на нашия колега и заместник-ректор на Софийския университет “Св. Кл. Охридски” участта на “Каменарчето” от стихотворението на Хр. Смирненски – “с чука, с трясък и искри” да проправя пътя на Университета към Универсума на световната наука. Каква по-достойна мисия от тази да водиш най-стария и достолепен университет в България към космическите простори на науката и в частност – на физиката! Всички знаят колко мъчно се преодоляват днес трудностите във физичните изследвания, но малцина се заемат с “изчукването” и събарянето на административните, финансови и какви ли не други прегради за постигане на международно признати научни резултати. Немалко от нас са склонни само да вървят по прокарания от чука на “Каменарчето” път и да жънат със сърпа собствените си научни успехи. Затова нека пожелаем на нашия юбиляр: “Бъди АНГЕЛ за всички влюбени във физиката и ДЕМОН за нейните използвачи! Размахвай здраво чука срещу трудностите в обществото и всички, които ти вярват, ще те подкрепят!”

От Софийския клон на СФБ

КРАЯТ НА ЗЛАТНАТА ЕРА

Гордън А. Крейг

Einstein's German World by Fritz Stern, Princeton University Press

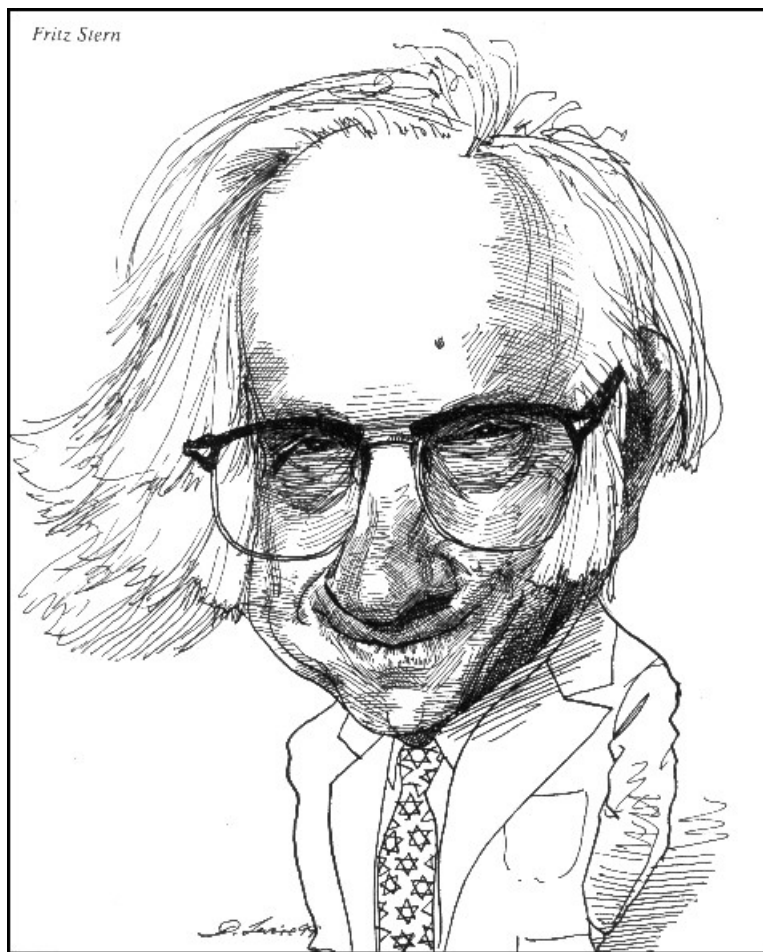
1.

Последните четири години от царуването на Вилхелм II в Германия – тези от избухването на Първата световна война до абдикацията на императора – имат такава трагична тежест и последствия, че почти засенчват предхождащите ги двайсет и шест години. Поради това, когато този период въобще се изследва, то е само за да се търси обяснение на катастрофата, която настъпи. Той е едно достойно за съжаление отклонение от правилото, понеже периодът от 1888 г. до 1914 г., разгледан сам по себе си, се характеризира с такава степен на институционална стабилност, технологичен прогрес и стопански разцвет, каквито Германия като цяло няма да изживее отново чак до последните години на 20-ти век, и с такова културно и интелектуално развитие, което отстъпва само на класическата ера от годините между 1770 г. и 1830 г.

Този по-ранен период е времето на Кантианската революция във философията, както и на поетичния и драматичен триумф на Гьоте, Шилер и Хьолдерлин – постижения, с които онези в областта на политиката не можеха да се сравняват, и поради това спечелиха на Германия прозвището страна на поети и мислители (*Dichter und Denker*). За разлика от нея, втората “ера на гениите”, както често я наричаха, е доминирана от учените естествоизпитатели. Царуването на Вилхелм II донася огромен напредък в биологичните науки и вирусологията, който беше подпомогнат от създаването на голям брой нови изследователски институти, финансирани както от индустрията, така и от държавата. Това е и златна ера за физиката, чиято кулминация е създадената от Айнщайн през 1915 г. обща теория на относителността. Това е време на велики открития като тези на туберкулина и на салварсана, “магическото средство” срещу сифилис, както и на рентгеновите лъчи. Но преди всичко това е времето, когато науката се радваше на високо обществено признание и учените отдаваха всичките си сили на своето призвание с дълбокото убеждение, че служат на прогреса на човечеството. През 1911 г., когато е основано Дружеството на Кайзер Вилхелм, химикът Емил Фишер в своя реч за приносите на Паул Ерлих, откривателя на хемотерапията, декларира, че бъдещето вече не принадлежи на завоевателите на колониални империи; преди всичко “химията, а по-общо естествените науки, са сега истинската страна на неограничените възможности”.

Тази вяра във възможностите на науката все пак не е напълно безоблачна и с нейното развитие и специализиране възникват редица съмнения. Макс Вебер не е единственият, който се опасява, че традиционните центрове за научни изследвания – университетите, се превръщат постепенно в “държавни капиталистически предприятия”, разработващи проблеми, нямащи нищо общо с познанието заради самото познание и че свободата на научното търсене започва да отстъпва на целенасоченото произвеждане на познания, необходими за техническите и икономическите цели на държавата и дори за утвърждаване на нейния авторитет. Други

си спомнят за загрижеността на Ницше за безразсъдния ритъм на модерната наука (“като че ли науката е фабрика и всяко забавяне бива наказвано”) и неговият тревожен въпрос: “Какво ще стане с науката ако тя няма време за култура? ... Защо и за какво е цялата наука, ако не води към културен напредък? Може би към варварство?” Тези съмнения, които не са характерни за първата половина на периода, се засилват с приближаването на Германия към война и тоталитаризъм.



Фриц Щерн

Фриц Щерн, почетен професор “Сет Лоу” по история в Колумбийския университет, притежава уникалната способност да разяснява на читателите ролята на науката и на учените от този критичен период в немската история. Той е роден през 1926 г. в Бреслау (Вроцлав), където неговият баща, лекар, бил приятел на химика Фриц Хабер, който станал негов кръстник, а един от братовчедите му бил много близък с Айнщайн. Той отдавна бил убеден, че германският въпрос под една или друга форма е оказал решително и трагично влияние

върху световната история. Може би е напълно закономерно след приключване на един огромен труд за Бисмарк и неговия banker Блайхрьодер и особено след едно проникателно изследване върху романтичния културен песимизъм, който обогатява нравствената политическа мисъл в Германия през 1890-те години и по време на Ваймарската република, Щерн да се интересува от характера и научния морал на великите учени, за които е слушал толкова много през своята младост, за ролята на личностните им качества, за специфичния натиск, оказван върху тях поради обществените им отговорности или държавната политика и тъй като много от тях са били евреи, как този факт се е отразил върху техния живот и тяхната работа. Това са централните теми в неговата нова книга и всичко казано от него е плод на усилен проучвания в три континента.

Не трябва да се учудваме, че еврейският въпрос е централен за тази книга. Щерн отхвърля тезата, прокарана от Даниел Голдхаген в книгата му *Хитлеровите верни езекутори*, че почти всички германци имат елиминационистки начин на мислене по отношение на евреите и в една полемична глава от книгата си изтъква, че това не е доказано и че в исторически план е недоказуемо. Това, че антиеврейските предразсъдъци са съществували в много разновидности, е обаче неоспоримо и Щерн допуска, че те са имали за германците някаква притегателна сила, понеже са им давали възможност да повярват в собственото си превъзходство, като са приписвали на евреите определени характерни черти – безогледна амбиция, безкрайна самоувереност, стремеж към власт и пари. Тази тенденция, разбира се, не се отнася само за Германия. Когато Айнщайн е преценяван като кандидат за място в Цюрихския университет, факултетът изискал допълнителна информация за характера му, понеже: “Хер Айнщайн е израелит, а тъкмо на израелитите измежду учените се приписват (в много случаи не без основание) различни неприятни характерни особености като нетактичност, дързост и търговски манталитет, неподходящи за академичната среда.”

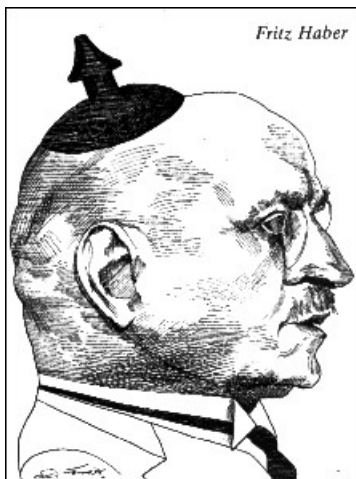
Това обаче не попречва на Айнщайн да заеме мястото. Подобен е случаят с Паул Ерлих, който както разказва Щерн в една особено вълнуваща глава на книгата си, изтърпява много унижения и пречки поради еврейския си произход, но се справя благодарение на моралната и практическа подкрепа на колегите си и на висшестоящите, например на прочутия интернист Теодор Фрерихс, бивш личен лекар на Бисмарк, на Роберт Кох, откривателя на туберкулина и на Фридрих Алтхоф, шеф на отдел в Пруското министерство на образованието от 1882 г. до 1907 г., чиято амбиция, както пише Щерн, “е да направи Пруските университети и изследователски центрове най-добрите в света дори против волята на заинатили се професори с техния стремеж към автономия и въпреки потискащия религиозен дух.”

По същия начин Макс Планк, бащата на квантовата теория, посветил много време и енергия, за да продължи делото на Алтхоф, и когато настъпил тежкия Хитлеров период направил всичко възможно, за да защити еврейските учени от нацистките атаки. Изобщо Щерн разбира, че в своите висши сфери германската наука се характеризирала с творческа хармоничност и че въпреки широко разпространените предразсъдъци в страната, в общи линии постиженията на евреите, допринасящи за благото на нацията и за международния ѝ престиж, както и на германската индустрия, намирали признание, и този факт не останал незабелязан от самия император, известен антисемит. Този успех на евреите обаче бил завоюван с цената на огромно количество психична енергия.

2.

Кариерите на Фриц Хабер и на Алберт Айнщайн, които се разглеждат в централната глава на книгата на Щерн, са пример за това. Двамата се срещнали за пръв път през 1911 г. на научна конференция в Карлсруе. И двамата са вече прочути, Хабер заради своето откритие на свързването на азота от атмосферата, от огромно значение за немската индустрия след разработването на процеса на Хабер-Босх, който се използва и до сега, а Айнщайн - заради своите изключителни работи от 1905 г., които променят установените възгледи за характера на Вселената. Като директор на Кайзер Вилхелмовия институт по физикохимия в Берлин, Хабер изиграва решаваща роля за

преместването на Айнщайн в столицата през 1914 г. и двамата учени стават твърде бързо близки приятели до такава степен, че Хабер изпълнява ролята на съветник и посредник на Айнщайн при разтрогването на първия му брак.



Фриц Хабер

Въпреки сериозните различия в характера – Айнщайн теоретик и самотник, а Хабер организатор и деятел, посветил много усилия за укрепване на връзката между научните изследвания и практиката, – имало едно нещо, което ги направило приятели чак до смъртта на Хабер. Щерн пише: “И двамата споделяха същия научен морал, въпреки че професионалните им стремежи и амбиции бяха различни; и двамата бяха автодидакти; и двамата рано изпитаха вкуса на провала. Обаче те притежаваха призвание и професионализъм. Думите на Фройд от 1910 г.: “Науката изисква най-пълното отхвърляне на всички удоволствия, на което е способен нашият разум.” бяха разбрани правилно от тях.”

Тяхната всеотдайност и пренапрежение в работата нанасят вреда на здравето им и нарушават щастието в семейния живот на всеки от тях. Първата жена на Хабер писала през 1909 г. за “неговата унищожителна непоколебимост в преследването на своите цели (т.е. в научните изследвания) у дома и в семейния живот”, добавяйки: “Всички други човешки ресурси на Фриц, освен това (волята му за работа), са почти изчерпани и може да се каже, че той е остарял преждевременно.”

Айнщайн, докато работи върху математичните основи на това, което щяло да стане обща теория на относителността, пише на своята разведена братовчедка Елза, в която бил влюбен, но по-късно отхвърлил: “През последната половина година работих по-напрегнато, отколкото през целия си живот досега и преди две-три седмици най-после реших проблема ... Сега трябва да си дам малко почивка, иначе ще се разболея сериозно.”

И Хабер и Айнщайн са евреи, не практикуващи своята религия. Хабер, може би надявайки се да сведе до минимум отрицателното влияние, което еврейският произход би могъл да окаже на кариерата му, приема християнството през 1892 г., когато е на 24 години, но не ходи на църква, а повечето му приятели си останали евреи. В неговия живот религиозните чувства са изместени от силен германски патриотизъм и стремеж за служене на държавата, който понякога приема крайни и нелицеприятни форми. Обратно, Айнщайн, като изключим един кратък период на “дълбока религиозност” през младостта му, е безразличен към религията, смятайки я за една от формите на “глушавата вяра в авторитетите”, която е несъвместима с истината. Никога не би му хрумнало да се опита да подпомогне кариерата си с нещо толкова себично като смяната

на религията и във всеки случай той не одобрява усърдието, с което германските евреи се стремят към асимилация. Възхищава се дълбоко от немското образование и класическа култура, но е нечувствителен към всяка форма на национализъм.

Както казва Щерн, това особено проличава след избухването на войната. Айнщайн не е имал никакво отношение към националистичния подем от август 1914 г. От самото начало той разглежда конфликта като нещо безумно и самоубийствено и пише на един свой приятел: “Във времена като тези се вижда към какъв жалък животински вид принадлежим.” От самото начало той е склонен да обвинява повече германците отколкото Съюзниците за катастрофата, сполетяла цивилизования свят, и пише на своя съмишленик в пацифизма Ромен Ролан, че германската победа от 1870 г. оставила в страната “една религиозна вяра в силата, която намерила в (Херман фон) Траичке една адекватна, а не преувеличена изява. Тази религия владее умовете на почти целия културен елит; тя е изместила почти напълно идеалите от ерата на Гьоте и Шилер.”

Въпреки своята отдаденост на науката, той има най-мрачни предчувствия за нейното бъдеще и в момент на огорчение пише: “Целият наш прехвален технологичен прогрес, и изобщо цивилизацията, може да бъде оприличен на брадва в ръцете на патологичен престъпник.”

Докато Айнщайн се опитва да се абстрахира от Първата световна война, отдавайки се изцяло на работата си, Хабер откликва на кризата с патриотичен ентузиазъм. Заедно с Паул Ерлих и Макс Планк той е един от подписалите Манифеста на 93-мата, една декларация, утвърждаваща невинността на Германия за избухване на войната и отричаща немски войски да са вършели злодеяния. Това е израз на неговата импулсивна любов към Родината, както и на политическата му наивност.

В някои по-практически случаи Хабер съумява да прояви повече съобразителност. Той става основният организатор на науката във военновременна Германия, предупреждава военните за необходимостта от развиване на алтернативни източници на суровини, които нацията по-рано внасяла, както и за трансформиране на своя институт в Берлин в един, както той пише, Манхатънски проект за производство на азотна киселина и синтетична селитра, които са незаменим материал за експлозиви и изкуствени торове. В края на войната военният министър му пише: “На Германия не ѝ беше съдено да излезе победоносно от тази война. Това че тя не рухна още след първите няколко месеца поради превъзходството на врага в муниции, динамит и други химични съединения на азота, се дължи преди всичко на Вас ... Вашият блестящ успех винаги ще живее в историята и няма да бъде забравен ...”

Обаче противниците на Германия не забравят, че Хабер е един от поддръжниците на идеята да се използват отровни газове като оръжие и че именно неговите изследвания са направили това възможно. По-късно той се оправдава с надеждата си да осигури по-бързо приключване на войната и с това, че е смятал газът за по-хуманно оръжие от артилерийската бомбардировка. Но никой от онези, които са преживявали ужаса на газовата атака, не може да бъде убеден от тези аргументи и в края на войната неговото име е включено в съюзническия списък на военнопръстъпниците, които е трябвало да бъдат екстрадирани и съдени. Не се стига до там, но когато военните действия приключват, Хабер, чиято жена се самоубива през войната и който е работил четири години пряко сили, е на границата на нервен срив.

За Айнщайн, от друга страна, краят на войната донася освобождаване от товара на милитаризма; той е умерен оптимист за бъдещето на новата Ваймарска република и пише: “Радвам се на репутацията на безупречен социалист.” Действително, както Щерн изяснява, той става една от най-ценените републикански реликви, защото през 1919 г. наблюденията на слънчевото затъмнение потвърдили неговата теория на относителността и той придобива голяма международна известност. През последващите години честите му пътувания в чужбина помагат за успокояване на антигерманските настроения, фокусирайки вниманието върху постиженията на немската култура и наука, поради което са поощрявани от германското правителство. Добре запознат с факта, че неговите открития се отхвърлят на много места в Германия поради професионална завист или антиеврейски настроения, Айнщайн отбелязва със своя обичаен хаплив хумор: “Странни хора са германците, аз съм вонящо цвете за тях но въпреки това те постоянно ме слагат на ревера си.”

Въпреки разногласията си по военната политика, Хабер и Айнщайн остават близки приятели, и в следвоенните години Хабер зорко бди да не би Айнщайн да бъде подмамен от някое от многото предложения от чужбина и неуморно го убеждава, че това ще бъде национална катастрофа за Германия. Двамата работят енергично и доста успешно за подобряване на международното научно сътрудничество и за неутрализиране на следвоенната тенденция за изключване на Германия от научни конференции. Междувременно Хабер става движеща сила за създаване на Комитет за подпомагане на германската наука, чиято цел е да намира финансиране за фундаментални научни изследвания, което не било лесна задача в условията на галопираща инфлация. Както винаги преизпълнен с патриотични чувства, Хабер бил разтревожен от влиянието, което клаузите за разоръжаване, съдържащи се във Версайския договор, могат да окажат върху независимостта на Германия и подновява своите контакти с военните; той вероятно е участвал в тайни съвещания за отровните газове и по военното сътрудничество между Германия и Съветския съюз. В неговия институт по това време се провеждат експерименти с пестициди и е разработен отровният газ Циклон В, за чието бъдещо използване Хабер не подозира.



Алберт Айнщайн

Нито пък знае колко бързо и радикално ще се промени животът му. Неговият трескав начин на живот не му оставя време за политически размишления. Може да е имал чувството, че едно авторитарно правителство като предлаганото от генерал Курт фон Шлайхер би било по-добро от обърканата Ваймарска партийна система. Но нямал ясна представа какво ще означава за Германия да попадне в ръцете на Хитлер. Щял да го узнае в дните през март 1933 г. на Упълномощителния акт, прокарващ нов закон за “Възстановяване на

гражданската служба”, който изисква уволняването на всички неарийски държавни служители. Благодарение на своите военни заслуги, Хабер е можел да остане директор на института, но само след като уволни някои от най-верните си колеги и служители. Той не приема това унижително условие и подава оставка, която е приета незабавно и, както отбелязал с горчивина, не предизвиква никакви възражения от страна на индустриални фирми като I. G. Farben, макар че тя е натрупала огромни печалби от неговата работа. Верен на себе си, Хабер се заема да търси помощ за уволнените учени и през май 1933 г. пише на Айнщайн, който по това време вече е напуснал Германия. Айнщайн отговаря великодушно, но не може да се въздържа от една хаплива, макар и напълно уместна забележка: “Мога да си представя вашите вътрешни конфликти. Това е като да си принуден да изоставиш теория, върху която си работил цял живот. При мен не е така, аз никога не съм вярвал ни най-малко в това.”

3.

В своето изследване на германското обкръжение на Айнщайн, съдържащо толкова много гениалност, трагичност и неясноти, Щерн е включил още два забележителни портрета. Валтер Ратенау, син на основателя на големия електронен концерн AEG, е движен от стремежа към признание – като индустриалец и финансист като баща си, като интелектуалец, чиито трудове върху духовното развитие на неговата страна се приемали сериозно, и накрая като политически лидер във време на криза. Но той си дава сметка, че еврейският му произход е пречка пред амбициите му. През 1911 г. той пише: “В младостта на всеки германски еврей идва момент, който той запомня с болка за цял живот: моментът, когато за пръв път осъзнава факта, че е навлязъл в живота като гражданин втора класа и че никакви способности и заслуги не могат да променят това положение.”

За разлика от Фриц Хабер той не се опитва да облекчи положението си като приеме християнството, защото смята това за един вид опортюнистична капитулация. Той е решен да реализира амбициите си единствено в рамките на собствените си изисквания, може би неосъзнавайки напълно, че това предизвикателство по-скоро ще отблъсне много хора, вместо да ги впечатли и ще увеличи рисковете по пътя му.

Още с избухването на войната през 1914 г., Ратенау е ужасен, също както и Фриц Хабер, от неподготвеността на военните за ефективното ѝ провеждане и не пропуска да посочва на военното министерство слабостите, докато накрая, макар и неохотно, е упълномощен да извършва статистически контрол върху военното снабдяване и да създаде централен орган, контролиращ разпределението на материалите. Това е Отделът по военните суровини към Военното министерство, който той ръководи до април 1915 г. и който вероятно предотвратява доста критични ситуации за германската армия. Може би неговата оставка е продиктувана от разочарованието му от това, че не му е предложен министерски пост; но и липсата на приятелски отношения с военните му колеги може да е изиграла своята роля и той се оплаква, че самият факт, че като частно лице и еврей, по собствена инициатива е решил да служи на държавата, не се възприемат добре както от тези, които смятат държавата за своя, така и от самите евреи.

В действителност Ратенау отблъсква хората със своята склонност непрекъснато да дава съвети, при това правилни. Двете книги, които написва в последните години на войната – *За бъдните дни* и *Към германските младежи* – представляват систематични анализи на обществени слабости – в частност на неповратливата бюрокрация, – които Германия трябвало да преодолее, ако искала да се възстанови от войната; но те са написани в претрупан и претенциозен стил, изобилстващ от цитати и неясни позовавания, което отблъсква читателите. Когато Ваймарската република започва своето кратко и тревожно съществуване, патриотизмът на Ратенау го кара да търси възможности да ѝ служи, а неговите икономически познания му отреждат висок пост, но малко хора били готови охотно да работят с него. Едва през 1920 г. е поканен да участва в германската делегация на конференцията Спа по репарациите. Надеждата била, че с икономическите си познания той би могъл да убеди Съюзниците да смекчат репарационните клаузи във Версайския договор, но тази възможност е провалена от участието в германската делегация на генерал фон Зеект в пълна военна униформа и на гръмогласното присъствие на индустриалеца Уго Стинес, който не искал да плаща никакви репарации и недоволствал от Ратенау, който по неговите думи имал “душа от чужда раса” (*fremdrassische Seele*), поради това че се стремял към постигане на компромис.

Политическата умереност на Ратенау обаче впечатлява Йозеф Вирт от Центристката партия, който става канцлер през 1921 г. и включва Ратенау в своя кабинет първо като министър на реконструкцията, а след това, през 1922 г., за нещастие и като министър на външните работи. Политиката на Вирт-Ратенау призовава за изпълнение на договорните задължения, с надеждата да убеди Съюзниците в искреността на Германия и евентуално да постигне намаляване на репарациите. Това не е популярна политика и изборът на Ратенау за провеждането ѝ вероятно е погрешен, понеже той проявява прекомерно въображение и вместо да следва установените схеми, постоянно измисля нови. Освен това бил болезнено чувствителен. На икономическата конференция, организирана от Лойд Джордж през 1922 г. в Генуа, Ратенау до такава степен се ядосал, че бил изключен от поверителните разговори във вилата на министър председателя, че позволява да бъде убеден от съветската делегация да отиде в Рапало, където подписва специален пакт за приятелство и сътрудничество със Съветския съюз. Обявяването на този пакт има ефекта на бомбен взрив, който обрича разговорите в Генуа на провал, втвърдява позицията на Франция за репарациите и вероятно предопределя нейното нахлуване в Рур през януари 1923 г.

Айнщайн, който е съпричастен към личността на Ратенау и си позволява да коментира неговите силни и слаби страни, го посъветвал да не приема поста външен министър, защото това би се възприело като еврейска провокация. И се оказа прав. В крайна сметка Ратенау е убит от десни екстремисти на 24 юни 1924 г., докато пътувал към службата си.

Докато Ратенау е мотивиран изключително от лични амбиции, то движещата сила в живота на Хаим Вайцман е идеята за еврейска държава, в която неговият народ да заживее щастливо. Роден близо до Пинск през 1874 г., той израства в Германия, Швейцария и Англия, където, както много други евреи по онова време, е привлечен от естествените науки и става първокласен химик; и сигурно е щял да прекара целия си живот в лабораторията, ако не се увлича от идеите на ционизма. За такава дейност той притежава безспорни качества: себеотдаване, дипломатически талант и голям личен чар. Поради тези си качества, той се превръща по думите на Бен Гурион в “най-

великият емисар на евреите в християнския свят”, представящ ционизма като благородна кауза.

Но и неговите научни постижения съвсем не са малки. По време на Първата световна война той разработва нов метод за производство на ацетон, важна съставка при създаването на тежката артилерия. Това му създава висок авторитет пред британското правителство и го сприяелява с хора като Лойд Джордж, Балфур, Уинстън Чърчил и Джан Смитс. Щерн описва с голяма вещина как това довежда до декларацията на Балфур от ноември 1917 г., която превръща ционизма от мечта в реална възможност. Но тази възможност скоро избледнява поради неблагоприятното развитие на международната обстановка, както и в резултат на ожесточени противоборства между различните течения в еврейската организация. Един от неговите най-ярки критици е Айнщайн, който подкрепя ционистката кауза, но го предупреждава за опасностите от “национализъм по пруски (*a la prussienne*)”, добавяйки, че ако не се намери начин за сътрудничество с арабите, тогава “ние заслужаваме съдбата, която ще ни сполети”. Този съвет не бил възприет от Вайцман и той заявява, че изглежда Айнщайн “започва да придобива психологията на примадона, която започва да губи гласа си”; но казаното от Айнщайн се оказа по-вярно, отколкото Вайцман е искал да приеме.

През целия си живот той разчита на моралното убеждение при постигане на целите си. Но в годините след 1933 г., когато Вайцман се опитва да накара британското правителство да разреши на евреите, избягали от националсоциализма, да отидат в Палестина, му попречва Британската бяла книга от 1939 г. По подобен начин през 1945 г. и 1947 г., когато нелегални еврейски движения прибягват до тероризъм срещу британските сили в Палестина, той е безсилен да ги спре. Дори при отиването си във Вашингтон през 1948 г., за да издейства незабавното признаване на държавата Израел, успехът му, представляващ връхна точка в политическата му кариера, е непълен. Въпреки че е избран за първи президент на новата република, той няма достатъчно влияние върху политиката ѝ през следващите години на война и насилие, които поставят на карта съществуването ѝ.

Този дисонанс, който Вайцман усеща между себе си и епохата в която живее, е характерен за повечето членове на т. нар. от Щерн немски свят на Айнщайн. Това е така за Валтер Ратенау, който повярвал, че политиката на съобразяване със Запада може да облекчи следвоенното положение на Германия, но после открива с цената на собствения си живот, че неговата страна не е способна да приема други решения освен силовите; то е също така вярно за Паул Ерлих, Фриц Хабер и Макс Планк, които идеализират научния живот, но разбират, че той може да бъде откупен само с цената на срамни компромиси със света на политиката и предразсъдъците. Само Айнщайн изглежда неподатлив на болката, съпътстваща това откритие, но нека не забравяме, че той никога не е имал високо мнение за човешката раса и поради това не е можел да бъде изненадан.

Превод: **С. Рашев**

(Gordon A. Craig, “The End of the Golden Age”, *The New York Review*, Nov. 4, 1999)

На 5.02.2002 г. внезапно почина нашият колега

Доцент д-р БОРИС МАНУШЕВ

(1940 – 2002)

Преподавател в катедра “Атомна физика” и
дългогодишен член на Софийския клон на СФБ

Доц. д-р Борис Манушев е роден през 1940 г. в гр. София. През 1965 г. завършва физика в Софийския университет “Св. Климент Охридски” и постъпва на работа в катедра Атомна физика на Физическия факултет, където работи до кончината се.

Защитава докторска дисертация в областта на резонансното поглъщане на гама-кванти (ефект на Мьосбауер). По-късно научните му интереси са насочени към измерването на радиоактивността на околната среда и свързаните с това проблеми на метрологията на йонизиращите лъчения.

В последните години активно работи по задачи, свързани с радиационната обстановка в и около АЕЦ “Козлодуй”.

Автор и съавтор е на научни статии, учебници и учебни помагала, както и на редица научно-популярни статии и книги, свързани с ядрената физика и приложението ѝ в АЕЦ “Козлодуй”.

Поклон пред светлата му памет!

Софийски клон на Съюза на физиците в България

КОПЕНХАГЕН

Пиеса в две действия от Майкъл Фрейн *

Част 2

Действие първо

Бор - Тя си мисли за Кристиян.

Хайзенберг - Момчето, което те загубиха. Кристиян. Първородният. Най-големият син.

Бор - И отново пред очите ми изникват същите онези мигове, които виждам всеки ден.

Хайзенберг - Онези кратки мигове на лодката, когато румпелът се извърща и Кристиян пада в бурното море.

Бор - Ако не бях му позволил да поеме управлението ...

Хайзенберг - Дългите мигове във водата.

Бор - Онези безкрайни мигове във водата.

Хайзенберг - Когато той се мъчи да стигне до спасителния пояс.

Бор - Толкова малко му остава да го докосне.

Маргрет - Аз съм в Тисвилде. Повдигам очи от работата си. На прага е Нилс, гледа ме безмълвно. Извърща глава и аз вече разбирам какво се е случило.

Бор - Така близо, така близо! Такова малко нещо!

Хайзенберг - Отново и отново румпелът се преобръща. Отново и отново ...

Маргрет - Нилс извърща глава ...

Бор - Кристиян се протяга към спасителния пояс ...

Хайзенберг - Но за някои неща даже те никога не говорят.

Бор - За някои неща даже ние само си мислим.

Маргрет - Защото нищо не може да се каже.

Бор - Хм ... като че ли стана доста топло. Ти предложи да се поразтърчем

Хайзенберг - Всъщност навън е приятно топло.

Бор - Няма много да се бавим.

Хайзенберг - Най-много една седмица.

Бор - Да не говориш за великолепната ни екскурзия по Шеланд¹?

Хайзенберг - Отидохме до Елсинор². Често си мисля за това, което каза тогава.

Бор - Скъпа, нали не възразяваш? За половин час?

Хайзенберг - Може би, час. Тогава ти каза, че целият вид на Елсинор се изменя от нашето знание, че там е живял Хамлет. Там всеки тъмен кът ни напомня за тъмнината в човешката душа ...

Маргрет - Ето че отново излизат на разходка. Той постигна своето. А когато се разхождат, те разговарят. Разговарят по доста по-различен начин, не се съмнявам в това: толкова много пъти съм печатала материали, в които се обяснява колко различно е поведението на частиците, когато не са под наблюдение ... Знаех си, че Нилс няма да се

Бележки на преводача

¹ Шеланд (произнася се също Зеланд) - най-големият датски остров; на него и на съседния малък остров Амагер е разположена столицата Копенхаген.

² Елсинор (произнася се също Хелзингбор) - пристанищен град на северния бряг на о-в Шеланд.

сдържи, ако първите няколко минути преминават без особени сътресения. Дори само от любопитство ... А сега тръгват и един час ще означава два, а може би и три ... Първото нещо, което винаги са правели, е да излязат заедно на разходка. Така беше и в Гьотинген след онази лекция. Нилс веднага отиде да търси самонадеяния младеж, който се беше усъмнил в неговата математика, и го поведе на туристически поход из провинцията. Ходят и разговарят, постепенно се опознават. А когато Хайзенберг пристигна тук да работи при него, те отново потеглиха - този път на голям поход из Шеланд. Колко много от своята физика те правеха на открито. Крачейки по горските пътеки в Тисвилде. Спускайки се на крайбрежието с децата. Хайзенберг държи Кристиан за ръка. Да, а всяка вечер в Копенхаген те ставаха от масата и тръгваха да се разхождат из парка Фелед зад Института или по алеята край Лангелини. Ходят и разговарят. Много преди стените да се сдобият с уши ... Но този път, през 1941 г., тяхната разходка е по друг маршрут. Само десет минути, след като са излезли ... и ето че се завърнаха! Едва бях почистила масата и Нилс се появи на вратата. Веднага забелязвам колко разстроен е - дори не може да ме погледне в очите.

Бор - Хайзенберг иска да се сбoguва. Той си тръгва.

Маргрет - И *той* няма да ме погледне в очите.

Хайзенберг - Благодаря ти. Много приятна вечер. Както беше едно време. Много си любезна.

Маргрет - Искаш ли кафе? Или чаша питие?

Хайзенберг - Трябва да се връщам, за да подготвя лекцията си.

Маргрет - Но нали ще се отбиеш да се видим преди заминаването ти?

Бор - Той е много зает.

Маргрет - Всичко започва да наподобява най-лошите мигове през 1927 г., когато Нилс се завърна от Норвегия и се запозна със статията на Хайзенберг по неопределеностите. Нещо, за което те като че ли бяха забравили по-рано вечерта, макар че аз помнех. А може би те и двамата изведнъж са си спомнили. Само че от изражението на лицата им като че ли е станало нещо още по-лошо.

Хайзенберг - Извини ме, ако съм казал или направил нещо, което ...

Бор - Да, да.

Хайзенберг - За мен беше много важно да бъда заедно с вас двамата. Повече, отколкото вие може би си представяте.

Маргрет - За нас беше удоволствие. Предай на Елизабет най-добрите ни пожелания.

Бор - Разбира се.

Маргрет - И на децата.

Хайзенберг - Може би, когато войната свърши ... И ако ни пощади ... Довиждане.

Маргрет - За политика ли?

Бор - За физика. Но той не е прав. Как може да е прав? Ние с Джон Уилър ...

Маргрет - Може би да вземем глътка въздух, докато говорим, защо не?

Бор - Глътка въздух?

Маргрет - Доту в градината. По-здравословно е, отколкото да седим въщи, не е ли така?

Бор - Оо. Да.

Маргрет - За всички ни.

Бор - Да. Благодаря ти ... Как може да е прав? Уилър и аз проучихме всичко това още през 1939 г.

Маргрет - Какво каза той?

Бор - Нищо. Всъщност не знам. Бях толкова ядосан, че не можах да схвана.

Маргрет - Нещо за деленето?

Бор - Какво става при деленето? Изстрелваш неутрон към урановото ядро, то се разцепва и отделя енергия.

Маргрет - Голямо количество енергия. Нали?

Бор - Достатъчна, за да задвижи прашинка. Но заедно с това се отделят още два или три неутрона. И всеки един от тях има шанс да разцепи друго ядро.

Маргрет - Така че всяко от тези две или три разцепени ядра на свой ред освобождава енергия?

Бор - А също още два или три неутрона.

Хайзенберг - Спускаш се на ските и покрай теб се затъркалва парче втвърден сняг. Парчето постепенно се превръща в снежна топка ...

Бор - Непрестанно разрастваща се верига от разцепени ядра пронизва урана, удвоява се и се учетворява за милионни части от секундата от едно поколение към друго. Да речем за по-просто, че първо се разцепват две ядра. После две на квадрат, две на куб, две на четвърта степен, две на пета, две на шеста ...

Хайзенберг - Тътенът от спускащата се лавина отеква от всички околни върхове ...

Бор - Докато накрая, да кажем, след осемдесет поколения бъдат преместени 2^{80} пращинки. 2^{80} е число с 24 нули. Достатъчно много пращинки, за да съставят цял един град заедно с живеещите в него.

Хайзенберг - Но тук има една хитрост.

Бор - За щастие има една хитрост. Естественият уран се състои от два различни изотопа - U-238 и U-235. В него U-235 е по-малко от един процент, а именно тази малка част може да се разцепва от бързите неутрони.

Хайзенберг - Това беше голямото прозрение на Бор. То му хрумва, когато е в Принстън през 1939 г., на разходка из университетския парк заедно с Уилър. Много типично за Бор; иска ми се да съм бил там, за да се насладя на този момент. Пет минути се разхождат в дълбоко мълчание, след което възглас: "Слушай, всичко ми стана ясно."

Бор - В действителност тук хитростите са две. 238 не само не може да се разцепва от бързите неутрони, но заедно с това той ги поглъща. Така че много скоро след започването на верижната реакция оставащите бързи неутрони не стигат, за да продължи разцепването на 235.

Хайзенберг - И веригата се прекъсва.

Бор - Може, наистина, 235 да се разцепва и с бавни неутрони. Но тогава верижната реакция протича по-бавно, отколкото става разпадането на урана.

Хайзенберг - Така че реакцията отново спира.

Бор - Всичко това означава, че взривна верижна реакция не би могла никога да възникне в естествен уран. За да предизвикаме експлозия, ние трябва да отделим чист 235. А за да направим веригата достатъчно дълга и да стане силна експлозия ...

Хайзенберг - Верига, да речем, от осемдесет поколения ...

Бор - ... ще са нужни няколко тона такъв уран. А отделянето му е извънредно трудно.

Хайзенберг - Мъчително трудно.

Бор - Милостиво трудно. Най-добрите оценки, когато бях в Америка през 1939 г., показваха, че за получаването на само един грам U-235 ще са нужни 26 000 години. По това време войната сигурно ще е свършила. Така че той греши, разбираш ли, той греши! Или може би аз греша? Възможно ли е да съм допуснал грешка при пресмятането? Чакай

да видя ... С каква скорост се поглъщат бързите неутрони в 238? Какъв е средният свободен пробег на бавните неутрони в 235 ... ?

Маргрет - Но какво точно каза Хайзенберг? Именно това искаха да знаят всички - тогава и винаги след това.

Бор - Точно това искаха да знаят и англичаните, веднага след като Чадуик успя да се свърже с мен. Какво точно каза Хайзенберг?

Хайзенберг - И какво точно отговори Бор? Това, разбира се, беше първото нещо, за което ме запитаха колегите, когато се завърнах в Германия.

Маргрет - Какво е казал Хайзенберг на Нилс и какво е отговорил Нилс? Човекът, който най-много искаше да знае това, беше самият Хайзенберг.

Бор - Искаш за кажеш, когато той се върна в Копенхаген след войната, през 1947 г.?

Маргрет - Този път ескортиран не от невидимите агенти на Гестапо, а от много забележим придружител от Британското разузнаване.

Бор - Мисля, че искаше разни неща.

Маргрет - Две неща. Хранителни продукти ...

Бор - За семейството му в Германия. Те бяха на границата на глада.

Маргрет - А ти да се согласиш за това, което сте си казали през 1941 г.

Бор - Разговорът потръгна лошо почти така бързо, както и тогава.

Маргрет - Не можахте да се разберете даже за това къде сте ходили през онази нощ.

Хайзенберг - Къде се разхождахме? Парка Фелед, разбира се. Където толкова често ходехме в миналото.

Маргрет - Но паркът Фелед е зад Института, на четири километра от жилището ни!

Хайзенберг - Виждам как се носят есенните листа под уличните лампи близо до естрадата на оркестъра.

Бор - Да, защото помниш, че това е било през октомври.

Маргрет - А то беше септември.

Бор - И нямаше паднали листа!

Маргрет - И беше 1941 г. Тогава нямаше улични лампи!

Бор - Аз си мислех, че не сме отишли по-далеч от кабинета ми. Какво мога да видя в разхвърляните листа под лампата на бюрото ми?

Хайзенберг - Трябва да сме били навън! Това, което се канех да кажа, можеше да се тълкува като предателство. Ако бяха ме подслушвали, щях да бъда екзекутиран.

Маргрет - И какво беше това загадъчно нещо, което си казал?

Хайзенберг - Няма нищо загадъчно. Никога не е било загадъчно. Помня всичко абсолютно ясно, защото рискувах живота си и подбирах думите си много внимателно. Попитах те просто дали един физик има моралното право да работи върху практическото използване на атомната енергия. Така ли беше?

Бор - Не си спомням.

Хайзенберг - Не си спомняш, сигурно, защото това те изненада и потресе. Ти спря като закован.

Бор - Бях ужасен.

Хайзенберг - Ужасен. Добре е, че помниш това. Стоеше там неподвижен и ужасен ме гледаше.

Бор - Защото беше очевидно накъде биеш. Това означаваше, че *ти* работиш върху това.

Хайзенберг - И тогава ти направи прибързан извод, че аз се опитвам да направя за

Хитлер ядрено оръжие.

Бор - Но това беше така!

Хайзенберг - Не! Реактор! Това се опитвахме да построим! Машина за производство на енергия! Да произвежда електричество, да движи кораби!

Бор - Ти не спомена нищо за реактор.



(отляво надясно) Волфганг Паули, Нилс Бор, Ервин Шрьодингер и Лизе Майтнер на Солвеевия конгрес през 1933 г. (Сн. от архива на Нилс Бор)

Хайзенберг - Все пак това, което разбрахме, беше, че щом веднъж сме пуснали реактора да работи ...

Бор - Наличният в естествения уран изотоп 238 ще поглъща бързите неутрони ...

Хайзенберг - Точно както ти беше предсказал през 1939 г. - всичко, което правехме,

Хайзенберг - Аз не казах нищо и за нищо! Не с толкова много думи. Не можех! Нямах представа колко от тях можеха да бъдат подслушани. Колко от тях ти ще повториш пред други хора.

Бор - Но тогава аз те запитах дали наистина смяташ, че деленето на урана може да се използва за построяване на оръжие.

Хайзенберг - Аа! Връщаме се пак към това!

Бор - И ясно си спомням какво отговори ти.

Хайзенберг - Казах, че вече знам какъв може да е отговорът.

Бор - Тъкмо това ме ужаси.

Хайзенберг - Защото ти през цялото време беше убеден, че за оръжието ще е нужен 235 и че ние никога не бихме могли да отделим достатъчно количество от него.

Бор - Реактор - да, може би, защото той сам няма да се взриви. Верижната реакция в него може да се поддържа с бавни неутрони в естествен уран.

беше основано върху твоето фундаментално прозрение. Изотопът 238 ще поглъща бързите неутрони. И така ще се превръща в нов химически елемент.

Бор - Нептуний. Който на свой ред ще се разпада до друг химически елемент ...

Хайзенберг - Подлежащ на разцепване поне така лесно както изотопа 235, който ние не можехме да отделим ...

Маргрет - Плутоний.

Хайзенберг - Плутоний.

Бор - Трябваше сам да се досетя за това.

Хайзенберг - Ако можехме да построим реактор, ние щяхме да построим и бомби. Именно това ме доведе в Копенхаген. Но аз не можех нищо да спомена за това. И тъкмо в този момент ти спря да ме слушаш. Бомбата вече беше влязла в главата ти. Аз осъзнах, че ние сме се запътили обратно към къщи. Разходката ни беше свършила. Нашият единствен шанс да разговаряме беше завинаги изчезнал.

Бор - Защото вече бях разбрал най-същественото. Че по един или друг начин ти виждаше възможността в ръцете на Хитлер да се окаже ядрено оръжие.

Хайзенберг - Ти разбра най-малко четири различни важни неща и всичките те бяха неверни. Ти каза на Розентал, че съм искал да узная от теб повече за ядреното делене. Казал си на Вайскопф, че съм те питал какво знаеш за ядрената програма на съюзниците. Чадуик е помислил, че аз се опитвам да те убедя, че не съществува такава програма за Германия. Но заедно с това си казал на някои хора, че аз съм се опитал да те привлека да работиш за такава програма!

Бор - Много добре. Да започнем от самото начало. Този път наоколо няма никакво Гестапо. Нито британски офицер от разузнаването. Изобщо никой не ни наблюдава.

Маргрет - Само аз.

Бор - Само Маргрет. Ще изясним всичко това на Маргрет. Знаеш колко силно вярвам, че ние не правим наука за самите себе си, а се стремим да я обясняваме на другите ...

Хайзенберг - На прост език.

Бор - На прост език. Знам, че не е по твой вкус - ти ще си доволен, ако можеше всичко да обясниш с диференциални уравнения, - но заради Маргрет ...

Хайзенберг - Прост език.

Бор - Прост език. Много добре. И така, ето ни нас, отново се разхождаме по улицата. И този път аз съм съвсем спокоен, слушам напрегнато. Какво искаш ти да ми кажеш?

Хайзенберг - Въпросът е не само какво аз искам да ти кажа! А целият германски ядрен скип в Берлин! Не, разбира се. Дибнер или нацистите, а Вайцекер, Хан, Вирц, Йенсен, Хутерманс - те всички искаха аз да дойда тук и да обсъдя тези неща с теб. Ние всички гледаме на теб почти като на духовен баща.

Маргрет - Папата. Вие така наричахте Нилс зад гърба му. А сега искате той да ви даде опрощение на греховете.

Хайзенберг - Опрощение ли? А, не!

Маргрет - Според твоя колега Йенсен.

Хайзенберг - Опрощението е последното нещо, което мога да поискам!

Маргрет - Казал си на един историк, че Йенсен е изразил нещата свършено точно.

Хайзенберг - Така ли? Опрощение ... Дали съм дошъл заради това? То е като да се мъча да си спомня кои бяха на обяда, който ти устрои в Института. Около масата седяха всички възможни обяснения за всичко, което правех. Поглеждам наоколо си ... Петерсен, Розентал и ... да ... наистина думата опрощение се настанява между всички тях ...

Маргрет - А аз си мислех, че опрощение се дава за минали грехове, за които човек се е разкалял, а не за греховни деяния, които са били само намерение, но не са били извършени.

Хайзенберг - Точно така! Ето затова бях така поразен!

Бор - Ти си бил поразен?

Хайзенберг - Защото ти *действително* ми даде опрощение! Точно това направи! Докато крачехме бързо към къщи. Ти промърмори нещо за това как във военно време всеки е длъжен да даде всичко от себе си на своята страна. Не е ли така?

Бор - Господ знае какво съм казал. Но ето ме сега тук, напълно спокоен и съсредоточен, претеглящ всяка своя дума. Ти не искаш опрощение. Разбирам това. Ти искаш аз да ти кажа да *не* правиш това, нали така? Е, добре. Аз поставям ръката си върху твоята. Гледам в очите ти по своя най-папски начин. Върни се в Германия, Хайзенберг. Събери колегите си в лабораторията. Качи се на някоя маса и им кажи: "Нилс Бор смята съвсем убедено, че да се даде в ръцете на един маниак-убиец мощно средство за масово убийство е ..." Как да кажа? "... много интересна идея." Не, не даже интересна идея. "... в действителност твърде безинтересна идея." И какво става? Вие всички захвърляте Гайгеровите си броячи, така ли?

Хайзенберг - Очевидно не.

Бор - Защото те ще ви арестуват.

Хайзенберг - Дали ще ни арестуват или не - това е без никакво значение. В действителност това само ще влоши нещата. Аз следвам своята програма за института "Кайзер Вилхелм". Но има и една конкурентна програма на Центъра за Армейско Въоръжение, който се ръководи от Курт Дибнер, а той е партиен член. Ако аз се оттегля, те просто ще кажат на Дибнер да поеме и моята програма. Той все едно би я ръководил. Вириц и останалите само ме поставиха на този пост, за да държа настрана Дибнер и нацистите. Моята единствена надежда е да запазя този контрол.

Бор - Така че ти не искаш аз да кажа "да" и не искаш аз да кажа "не".

Хайзенберг - Това, което искам, е ти внимателно да слушаш какво ще кажа по-нататък, вместо да тичаш по улицата като луд.

Бор - Много добре. Ето ме тук, вървя много бавно и величествено, както подобава на един папа. И слушам най-внимателно това, което имаш да ми кажеш ...

Хайзенберг - А то е, че ядреното оръжие ще изисква огромни технически усилия.

Бор - Вярно е.

Хайзенберг - Че то ще изсмуче огромни ресурси.

Бор - Огромни ресурси. Точно така.

Хайзенберг - Че рано или късно правителствата ще се обърнат към учените и ще ги запитат дали си заслужава да се вложат тези ресурси - дали има надежда, че тези оръжия ще бъдат създадени навреме, за да могат да бъдат използвани.

Бор - Естествено, но ...

Хайзенберг - Почакай. Така че те ще трябва да дойдат при теб и при мен. Ние сме тези, които ще трябва да ги посъветват дали да продължат или не. В крайна сметка - харесва ли ни или не - решението ще бъде в нашите ръце.

Бор - И ти искаш да ми кажеш това?

Хайзенберг - Ето това искам да ти кажа.

Бор - Заради това си изминал целия път дотук, преодолял си толкова много трудности? Заради това си жертвал близо двадесетгодишно приятелство? Просто, за да ми кажеш това?

Хайзенберг - Просто, за да ти кажа това.

Бор - Но, Хайзенберг, това е още по-загадъчно от всичко друго. *Защо* ми казваш това? Какво очакваш да направя аз? Правителството на окупирана Дания няма да дойде при мен и да ме запита дали ние трябва да произвеждаме ядрени оръжия!

Хайзенберг - Не, но рано или късно, ако аз съумея да задържа под мой контрол нашата програма, германското правителство ще дойде при *мен*! Те ще запитат *мен* дали да продължават или не! *Аз* ще трябва да решавам какво да им кажа!

Бор - Тогава ти можеш лесно да излезеш от твоите затруднения. Кажи им простата истина, която току-що каза на мен. Кажи им колко трудно ще бъде. И много е възможно те да се откажат, да загубят интерес.

Хайзенберг Но, Бор, къде ще ни отведе това? Какви ще бъдат последствията, ако ние доведем нещата до провал?

Бор - Кое е това нещо, което бих могъл аз да ти кажа и което ти сам не можеш да си кажеш?

Хайзенберг - В един стокхолмски вестник имаше съобщение, че американците работят върху атомна бомба.

Бор - Аа. Ето какво било, ето какво било. Сега вече разбирам всичко. Да не би да мислиш, че аз поддържам връзки с американците?

Хайзенберг - Би могъл. Просто е допустимо. Ако изобщо би могъл някой в окупирана Европа, то това ще си ти.

Бор - Така че ти *действително* искаш да узнаеш ядрената програма на съюзниците?

Хайзенберг - Просто искам да знам дали има такава. Един намек. Едно подсказване. Аз току-що предадох своята страна и рискувах живота си, за да те предупредя за германската програма ...

Бор - И сега аз трябва да ти върна комплимента, така ли?

Хайзенберг - Бор, аз трябва да знам! Аз съм този, който трябва да решава! Ако съюзниците строят бомба, какво трябва аз да избира за своята страна? Ти сам каза, че е лесно да се допусне, че някой може да обича по-малко своята страна, ако тя е малка и беззащитна. Да, но също така лесно може да се допусне грешката да се мисли, че човек може да обича по-малко своята страна, защото тя се е оказала в грешната посока. Германия е мястото, в което съм се родил. Германия е мястото, в което станах това, което съм. Германия е всичките лица от моето детство, всичките ръце, които ме вдигаха, когато бях паднал, всичките гласове, които ме окуражаваха и ме насочваха, всичките сърца, които говорят на моето сърце. Германия е моята овдовяла майка и моят невъзможен брат. Германия е моята жена. Германия е нашите деца. Аз трябва да знам какво решение вземам за тях! Дали това ще е още едно поражение? Друг кошмар подобен на кошмара, с който аз съм израсъл? Бор, моето детство в Мюнхен свърши в анархия и гражданска война. Дали още деца ще гладуват, както гладувахме ние? Дали те ще прекарват зимните нощи, както ги прекарвах аз, когато бях ученик - пълзящ на ръце и колене през вражеските линии, прокрадващ се в околните села под булото на нощта, в снега, за да намеря храна за семейството си? Дали те ще трябва да седят будни цяла нощ, както аз седях, когато бях на седемнадесет години, за да пазят някакъв ужасен затворник, да му говоря и да му говоря по малките часове, защото той ще бъде екзекутиран на сутринта?

Бор - Но, драги Хайзенберг, аз не бих могъл нищо да ти кажа. Нямам никаква представа дали съществува съюзническа ядрена програма.

Хайзенберг - А тя се осъществява още докато ти и аз си говорим. И може би аз избирам

нещо, което е по-лошо даже от поражението. Защото бомбата, която те строят, трябва да бъде хвърлена върху нас. В навечерието на Хиросима Опънхаймър заяви, че единственото му съжаление е заедно не са успели навреме да построят бомбата, за да я употребят срещу Германия.

Бор - После това много го измъчваше.

Хайзенберг - После, да. Ние поне се измъчвахме малко преди това. Дали поне един от тях се замисли, даже само за един миг, за това, което правят? Беше ли това Опънхаймър? Или Ферми? Или Телър, или Сцилард? Беше ли това Айнщайн, когато писа през 1939 г. на Рузвелт и го подкани да финансира изследванията върху бомбата? Беше ли най-после самият ти, когато две години по-късно избяга от Копенхаген и отиде в Лос Аламос?

Бор - Мой драги, добри ми Хайзенберг, ние не давахме бомбата на Хитлер!

Хайзенберг Но вие също така не я хвърляхте върху Хитлер. Вие я хвърляхте върху всеки, който ви попаднеше. Върху стари мъже и жени на улицата, върху майки и техните деца. И ако бяхте я създали навреме, това щяха да бъдат моите съграждани. Моята жена. Моите деца. Това ли беше намерението? Да?

Бор - Такова беше.

Хайзенберг - Ти никога не си имал и най-малка представа какво се случва, когато върху градове се хвърлят бомби. Даже обикновени бомби. Никой от вас не го е изпитвал. Нито един от вас. Вървах от центъра на Берлин към покрайнините през една нощ след едно от големите въздушни нападения. Естествено нямаше никакъв транспорт. Целият град беше в пламъци. Горяха даже локвите по улиците. Това бяха локви от стопен фосфор. Залепва се по обувките ти като нажежени кучешки изпражнения - аз трябва непрекъснато да го изстъргвам, - така като че ли улиците са били замърсени от кучетата на ада. Това би те разсмяло - моите обувки непрекъснато се възпламеняваха. Навсякъде около мен, предполагам, има затрупани хора, хора в различни стадии на обгаряне до смърт. А всичко, което мога да мисля в този момент, е: как ще се сдобия с друг чифт обувки във време като това?

Бор - Ти знаеш защо съюзническите учени работеха върху бомбата?

Хайзенберг - Разбира се. От страх.

Бор - Същият страх, който ви разяждаше и вас. Защото те се бояха, че *вие* работите върху нея.

Хайзенберг - Но, Бор, ти би могъл да им кажеш!

Бор - Да им кажа какво?

Хайзенберг - Това, което ти казах през 1941 г.! Че изборът е в наши ръце! В моите, в ръцете на Опънхаймър! Че ако аз мога да им кажа простата истина, когато те ме запитат, простата обезкуражаваща истина, същото може и той!

Бор Това ли е, което искаш от мен? Не да ти кажа какво правят американците, а да ги спра, така ли?

Хайзенберг - Да им кажеш, че ние заедно можем да спрем това.

Бор - Но аз нямах никаква връзка с американците!

Хайзенберг - Имаше с британците.

Бор - Едва по-късно.

Хайзенберг - Гестапо залови съобщението, което ти им изпрати за нашата среща.

Маргрет - И го предаде на теб?

Хайзенберг - Защо не? Те бяха започнали да ми се доверяват. Точно това ми даваше възможност да държа събитията под мой контрол.

Бор - Не те критикувам, Хайзенберг, но ако това е твоят план при идването ти в Копенхаген, то той е ... как да кажа? Той е извънредно интересен.

Хайзенберг Това не е план. Това е надежда. Даже не и надежда. Микроскопично тънка нишка на възможност. Дива невероятност. И все пак си струва да се опита, Бор! Със сигурност си струва! Но ти вече си твърде разгневен, за да разбираш какво ти говоря.

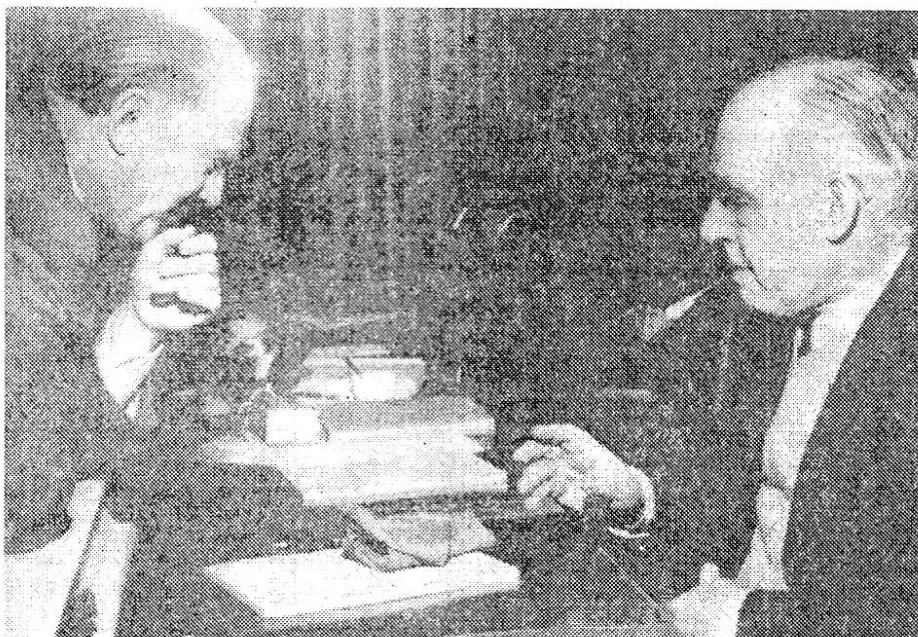
Маргрет Не! Той е разгневен, защото той *сега* започва да разбира! Германците гонят повечето от най-добрите си физици, защото те са евреи. Америка и Британия им дават убежище. Оказва се, че именно това би могло да спаси съюзниците. Но изведнъж идваш ти и с ридание умоляваш Нилс да ги убеди да се откажат.

Бор - Маргрет скъпа, може би все пак трябва да се опитаме да бъдем малко по-сдържани.

Маргрет - Но това нахалство! Това невъобразимо нахалство!

Бор - Дръзко спускане със ски бих казал.

Хайзенберг - Но, Бор, ние сега не сме на ски! Не играем пинг-понг! Не си играем с



Хайзенберг и Бор през 1952 г.

капсулни пистолети или с въображаеми карти! Аз отказах да повярвам, когато за пръв път чух новините от Хирошима. Стори ми се, че това е само един от странните сънища, в които живеехме по онова време. Те ставаха толкова по-странни, колкото Германия все повече се покриваше с развалини през онези последни месеци на войната. Но тогава вече ние живеехме с най-странния от всички сънища. Развалините бяха внезапно изчезнали - точно както става в сънищата - и изведнъж ние се оказахме в разкошен дом в сърцето на извънградска местност. Ние бяхме обкръжени от британци - целият екип, всички, които работеха върху атомните проучвания. Бяхме отвлечени във Фарм Хол, в Хънтингдоншър, сред тучните ливади край реката Уз. Нашите семейства в Германия гладуват, а ето ни нас всяка вечер сядаме на разкошна официална вечеря с нашия очарователен домакин - отговарящият за нас британски офицер. Прилича на довоенно домашно увеселение, едно от онези театрални домашни увеселения,

което е напълно откъснато от външния свят и ти знаеш, че всички гости са били поканени с някаква тайна и зловеща цел. Никой не знае, че ние сме там - никой в Англия, никой в Германия, не знаят даже нашите семейства. Но войната е свършила. Какво става? Може би, както става в театрална пиеса, ние тихо ще бъдем убити, един по един. Но заедно с това всичко е възхитително цивилизовано. Аз се наслаждавам на увеселението с Бетовеновите сонати за пиано. Майор Ритнер, нашият гостоприемник тъмничар, ни чете Дикенс, за да усъвършенства нашия английски ... Дали тези неща действително се случват с мен ... ? Ние очакваме някой да ни разкрие какъв е смисълът на това. И ето че една вечер това става. И то е дори по-гротескно от това, което ни плашеше. Научаваме го от радиото: вие в действителност сте осъществили това, заради което ние се измъчвахме. Ето защо ние сме там, вечеряйки с нашия любезен домакин, слушайки нашия Дикенс. Ние сме били затворени, за да ни се попречи да обсъждаме този въпрос с когото и да било до момента, когато вече ще бъде твърде късно. Когато майор Ритнер ни съобщава, аз просто отказвам да повярвам, докато не го чувам със собствените си уши по новините в девет часа. Ние нямахме никаква представа колко много сте ни изпреварили. Не бих могъл да опиша какъв ефект имаше това върху нас. Ти си играеш весело с твоя детски капсулен пистолет. И тогава някой го вдига и дръпва спусъка ... и изведнъж наоколо ти всичко се изпръсква с кръв, хора крещат, защото това изобщо не е детска играчка ... Седим до полунощ, говорим за това, опитваме се да го възприемем. Всички сме буквално в шок.

Маргрет - Защото деянието е било извършено? Или защото не сте били вие тези, които са го осъществили?

Хайзенберг - И двете. И двете. Ото Хан иска да се самоубие, защото именно той е открил ядреното делене и затова вижда кръв по ръцете си. Герлах, нашият нацистки координатор още от едно време, също иска да е мъртъв, защото неговите ръце са срамно чисти. Но все пак вие го извършихте. Вие построихте бомбата.

Бор - Да.

Хайзенберг - И я използвахте върху жива цел.

Бор - Върху жива цел.

Маргрет - Нали не намекваш, че Нилс е извършил нещо нередно, като е работил в Лос Аламос?

Хайзенберг - Разбира се, че не. Бор никога не е извършвал нещо нередно.

Маргрет - Решението е било взето далеч преди Нилс да отиде там. Бомбата щеше да бъде построена с или без Нилс.

Бор - Във всеки случай моето участие беше твърде малко.

Хайзенберг - Опънхаймър те описва като отец-изповедник на екипа.

Бор - Такава, изглежда, е моята роля в живота.

Хайзенберг - Той казва, че приносът ти е бил голям.

Бор - Вероятно духовен. Не практически.

Хайзенберг Ферми твърди, че именно ти си разработил спусъка на бомбата, хвърлена над Нагазаки.

Бор - Аз предложих идеята.

Маргрет - Нали не намекваш, че има нещо, за което *Нилс* трябва да дава обяснения или да се оправдава?

Хайзенберг - Никой никога не е очаквал от него да обяснява или защитава каквото и да било. Неговата добрина е дълбоко в същността му.

Бор - Въпросът не е в добрината. На мен ми беше спестена необходимостта да взимам

решение.

Хайзенберг - Да, а на мен не ми беше. Затова аз трябваше да прекарам последните тридесет години от живота си в непрестанни обяснения и опити да се защита. Когато отидох в Америка през 1949 г., много от физиците там дори не искаха да се ръкуват с мен. Ръце, които действително бяха построили бомбата, не искаха да се докоснат до моите.

Маргрет - И нека ти кажа, че ако си мислиш, че така правиш нещата по-ясни за мен, това не е така.

Бор - Маргрет, разбирам чувствата му ...

Маргрет - Аз пък не. Разгневена съм така, както ти беше по-рано! Толкова лесно е да се уязви съвестта ти. Защо ще прехвърля своя товар върху теб? А нали той тъкмо това прави след великото си съветване с тебе? Връща се обратно в Берлин и заявява на нацистите, че може да произведе атомни бомби!

Хайзенберг - Но това, което изтъквам, е трудността при отделянето на 235.

Маргрет - Но им казваш за плутония.

Хайзенберг - Казвам на някои от низшите ръководители. Нужно е, за да поддържам живи очакванията!

Маргрет - Иначе те ще извикат другия.

Хайзенберг - Дибнер. Много е възможно.

Маргрет - Винаги се намира някой Дибнер, готов да поеме нашите престъпления.

Хайзенберг - Дибнер би могъл да постигне малко повече от мен.

Бор - Дибнер?

Хайзенберг - Би могъл. Просто като теоретична възможност.

Бор - Той няма и четвърт от твоите способности!

Хайзенберг - Даже и една десета. Но има десетократно по-голямо желание да свърши работата. Нещата можеха да се развият по съвсем различен начин, ако вместо мен Дибнер беше изложил случая на нашата среща с Алберт Шпеер.

Маргрет - Прочутата среща със Шпеер.

Хайзенберг - Но тъкмо това е важно. Именно това е истинският момент на решението. Беше юни 1942 г. Девет месеца след негово пътуване до Копенхаген. Хитлер е прекратил всякакви изследвания освен тези, които дават незабавни резултати - и Шпеер е единственият арбитър за това какво да бъде одобрено. А ние току-що сме получили първия признак, че реакторът ни ще заработи. Нашето първо увеличение на броя на неутроните. Не много - тринадесет процента, - но за начало е добре.

Бор - Юни 1942 г. ли? Значи вие сте малко по-напред от Ферми в Чикаго.

Хайзенберг - Само че ние не знаем това. Но Британските Въздушни сили вече бяха започнали масирани бомбардировки. Те бяха сринали половината от Любек, целия център на Рощок. На нас отчаяно са ни нужни нови оръжия, с които да отвърнем на ударите. Ако изобщо има подходящ момент за нашия случай, то това е именно този.

Маргрет - Нали не си поискал да продължи финансирането?

Хайзенберг - За да продължим с реактора ли? Разбира се, че поисках. Но поисках толкова малко, че той не взе на сериозно програмата.

Маргрет - А каза ли му, че реакторът ще произвежда плутоний?

Хайзенберг - Не му казах, че реакторът ще произвежда плутоний. Не на Шпеер, не. Не му казвам, че реакторът ще произвежда плутоний.

Бор - Поразителен пропуск, трябва да се съглася.

Хайзенберг - И какво се случва? Получава се! Той ни отпуска пари само колкото

програмата за реактора да не спре съвсем. И това е краят на германската атомна бомба. С това всичко е свършено.

Маргрет - Все пак вие продължавате с реактора.

Хайзенберг - Продължаваме с реактора. Разбира се. Защото няма никакъв риск да се произведе достатъчно плутоний за бомба. Да, продължаваме с реактора. Работим върху реактора като луди. Налага се да го пренасяме през цяла Германия - от изток до запад, от Берлин до Швабия, за да го отдалечим от бомбардировките и да е далеч от ръцете на руснаците. При транспортирането Дибнер прави опит да го отвлече. Ние го отърваваме от него и се установяваме в малко селище в Швабска Юра.

Бор - Това Хайгерлох ли е?

Хайзенберг - Там има естествено укритие - селската гостилница има изба, вдълбана в масивна скала. Изкопахме в пода на мазето дупка за реактора и аз продължих програмата, държах я под свой контрол, докато не настъпи горчивият край.

Бор - Но, Хайзенберг, при цялото ми уважение към теб, при цялото ми огромно уважение ти не би могъл да управляваш реактора. Той е щял да ви убие.

Хайзенберг - Той не беше подлаган на проверка. Но никога не премина в критична фаза.

Бор - Благодари се на Бога. Амбро и Перен го изследваха, след като войските на Съюзниците навлязоха. В него не е имало никакви кадмиеви контролни пръти. Не е имало какво да поглъща излишъка от неутрони и да забавя реакцията, когато набере скорост.

Хайзенберг - Нямахте пръти, така е.

Бор - Вярвал си, че реакцията ще се самоограничава.

Хайзенберг - В началото вярвах именно това.

Бор - Хайзенберг, реакцията не би могла да се самоограничава.

Хайзенберг - Разбрах това към 1945 г.

Бор - Така че ако го беше довел до критично състояние, той би се разтопил и би изчезнал към центъра на Земята!

Хайзенберг - Съвсем не. Ние разполагахме с парче кадмий за работа.

Бор - Парче кадмий? Какво щяхте да правите с това парче кадмий?

Хайзенберг - Щяхме да го сложим във водата.

Бор - Каква вода?

Хайзенберг - Тежката вода. Забавителят, в който беше потопен уранът.

Бор - Мой драги Хайзенберг, не искам да те упреквам, но вие всички сте полудели!

Хайзенберг - Ние бяхме почти до целта си! Имахме фантастично увеличение на неутроните! Броят им нарастваше с 670 процента!

Бор - В онази дупка вие сте загубили всяка връзка с реалността!

Хайзенберг - Още една седмица. Още две седмици. Това беше всичко, от което се нуждаехме!

Бор - Спасило ви е единствено пристигането на съюзниците!

Хайзенберг - Почти бяхме достигнали до критичната маса! Още съвсем малко маса и верижната реакция щеше да се съмоподдържа до безкрайност. Нужен ни беше още съвсем малко уран. Разбрахме се с Вайцзекер, че ще се опитаме да вземем Дибнеровия. Още едно опасно пътуване обратно през Германия. Непрестанни въздушни нападения, никакви влакове, опитваме се с велосипеди - невъзможно! Накрая засядаме в малка гостилница Бог знае къде, чуваме взривовете на бомбите, сипещи се навсякъде около нас. А по радиото някой свири Бетовеновата соната за виолончело в сол минор ...

програмата за реактора да не спре съвсем. И това е краят на германската атомна бомба. С това всичко е свършено.

Маргрет - Все пак вие продължавате с реактора.

Хайзенберг - Продължаваме с реактора. Разбира се. Защото няма никакъв риск да се произведе достатъчно плутоний за бомба. Да, продължаваме с реактора. Работим върху реактора като луди. Налага се да го пренасяме през цяла Германия - от изток до запад, от Берлин до Швабия, за да го отдалечим от бомбардировките и да е далеч от ръцете на руснаците. При транспортирането Дибнер прави опит да го отвлече. Ние го отърваваме от него и се установяваме в малко селище в Швабска Юра.

Бор - Това Хайгерлох ли е?

Хайзенберг - Там има естествено укритие - селската гостилница има изба, вдълбана в масивна скала. Изкопахме в пода на мазето дупка за реактора и аз продължих програмата, държах я под свой контрол, докато не настъпи горчивият край.

Бор - Но, Хайзенберг, при цялото ми уважение към теб, при цялото ми огромно уважение ти не би могъл да управляваш реактора. Той е щял да ви убие.

Хайзенберг - Той не беше подлаган на проверка. Но никога не премина в критична фаза.

Бор - Благодари се на Бога. Амбро и Перен го изследваха, след като войските на Съюзниците навлязоха. В него не е имало никакви кадмиеви контролни пръти. Не е имало какво да поглъща излишъка от неутрони и да забавя реакцията, когато набере скорост.

Хайзенберг - Нямах пръти, така е.

Бор - Вярвал си, че реакцията ще се самоограничава.

Хайзенберг - В началото вярвах именно това.

Бор - Хайзенберг, реакцията не би могла да се самоограничава.

Хайзенберг - Разбрах това към 1945 г.

Бор - Така че ако го беше довел до критично състояние, той би се разтопил и би изчезнал към центъра на Земята!

Хайзенберг - Съвсем не. Ние разполагахме с парче кадмий за работа.

Бор - Парче кадмий? Какво щяхте да правите с това парче кадмий?

Хайзенберг - Щяхме да го сложим във водата.

Бор - Каква вода?

Хайзенберг - Тежката вода. Забавителят, в който беше потопен уранът.

Бор - Мой драги Хайзенберг, не искам да те упреквам, но вие всички сте полудели!

Хайзенберг - Ние бяхме почти до целта си! Имахме фантастично увеличение на неутроните! Броят им нарастваше с 670 процента!

Бор - В онази дупка вие сте загубили всяка връзка с реалността!

Хайзенберг - Още една седмица. Още две седмици. Това беше всичко, от което се нуждаехме!

Бор - Спасило ви е единствено пристигането на съюзниците!

Хайзенберг - Почти бяхме достигнали до критичната маса! Още съвсем малко маса и верижната реакция щеше да се съмоподдържа до безкрайност. Нужен ни беше още съвсем малко уран. Разбрахме се с Вайцекер, че ще се опитаме да вземем Дибнеровия. Още едно опасно пътуване обратно през Германия. Непрестанни въздушни нападения, никакви влакове, опитваме се с велосипеди - невъзможно! Накрая засядаме в малка гостилница Бог знае къде, чуваме взривовите на бомбите, сипещи се навсякъде около нас. А по радиото някой свири Бетовеновата соната за виолончело в сол минор ...

Бор - И все още всичко е било под твой контрол?

Хайзенберг - Под мой контрол - да! Там е работата! Под мой контрол!

Бор - По онова време нищо не беше под ничий контрол!

Хайзенберг - Да, защото най-после ние бяхме свободни от всякакви ограничения! Колкото по-близо беше краят, толкова по-бързо можехме да работим!

Бор - Но вие вече не управлявахте програмата, Хайзенберг. Програмата управляваше вас.

Хайзенберг - Още две седмици, още два ураниеви блока и германската физика първа в света щеше да е осъществила самоподдържаща се верижна ядрена реакция.

Бор - Само дете Ферми беше го направил в Чикаго две години преди това.

Хайзенберг - Ние не знаехме това.

Бор - Долу в дупката вие не знаехте нищо. Вие бяхте слепи като къртици в дупка. Перен каза, че там даже не сте имали нещо, което да ви пази от радиацията.

Хайзенберг - Нямахме време да мислим за това.

Бор - И ако беше станал критичен ...

Маргрет - Вие всички щяхте да загинете от лъчева болест.

Бор - Мой драги Хайзенберг! Скъпо мое момче!

Хайзенберг - Да, но дотогава реакторът щеше да е заработил.

Бор - Трябваше да съм там, за да ви наглеждам.

Хайзенберг - Това е всичко, за което можехме да мислим по онова време. Да пуснем реактора, реакторът да заработи.

Бор - Ти винаги се нуждаеше от мен малко да те съдържам. Да бъда твоето ходещо парче кадмий.

Хайзенберг - Ако бях загинал тогава, какво щях да съм пропуснал? Тридесет години на опити за обяснения. Тридесет години на упреци и враждебност. Даже ти се отвърна от мен.

Маргрет - Ти пак дойде в Копенхаген. Дойде в Тисвилде.

Хайзенберг - Никога не беше същото.

Бор - Не. Никога не беше същото.

Хайзенберг - Понякога си мисля, че онези последни седмици в Хайгерлох бяха последното щастливо време в живота ми. По един странен начин то беше много спокойно. Изведнъж ние се оказахме вън от цялата политика на Берлин. Вън от бомбардировките. Войната беше пред своя край. Нямахме за какво друго да мислим освен за реактора. И в действителност не бяхме полудели. Не работехме през цялото време. На върха над скалата, в която беше нашата пещера, се намираше един манастир. Често ходех в неговата черква и на органа свирех фугите на Бах.

Маргрет - Гледай го него. Той се е загубил. Прилича на загубено дете. Цял ден е бил в гората, бягал е насам и натам. Перчел се е, бил е смел, бил е страхлив. Правел е грешки, поправял се е. Но ето че е настъпила нощта и той единствено иска да си бъде у дома, но вече се е загубил.

Хайзенберг - Мълчание.

Бор - Мълчание.

Маргрет - Мълчание.

Хайзенберг - И отново румпелът се преобръща и Кристиан пада.

Бор - Отново той се бори да достигне до спасителния пояс.

Маргрет - Отново аз вдигам очи от работата си, виждам на прага Нилс, гледа ме безмълвно ...

Бор - И така, Хайзенберг, защо дойде в Копенхаген през 1941 г.? Вярно е, че сподели с нас всичките си опасения. Но не вярвам да си мислел, че аз бих ти казал дали американците работят над бомба.

Хайзенберг - Не.

Бор - Нито пък сериозно си се надявал, че аз бих ги спрял.

Хайзенберг - Не.

Бор - И ти би се върнал да работиш над реактора, каквото и да бях ти казал.

Хайзенберг - Да.

Бор - Така че, Хайзенберг, защо дойде?

Хайзенберг - Защо дойдох ли?

Бор - Кажи ни го още веднъж. Напиши още един вариант на статия. Този път ние ще я прочетем правилно. Този път ще я разберем.

Маргрет - Може би ти даже ще разбереш себе си.

Бор - В края на краищата и строежът на атома не беше лесен за обяснение. Правихме многобройни опити. Колкото повече опитвахме, толкова по-неясно ставаше. Все пак стигнахме до целта си. Така че още един вариант, още един.

Хайзенберг - Защо дойдох? Отново си припомням всичко от онази нощ през 1941 г. Обувките ми хрустят по познатия чакъл, аз дръпвам шнура на домашния звънец. Какво имам в главата си? Страх, сигурно, както и абсурдната важност на някой, който носи лоши новини. Но ... да ... има и още нещо. Ето че отново се задава. Почти виждам облика му. Нещо добро. Нещо светло и стремително и обнадеждаващо.

Бор - Аз отварям вратата ...

Хайзенберг - И той е пред мен. Виждам как очите му засияват при вида ми.

Бор - На лицето му е усмивката на палав ученик.

Хайзенберг - И аз изпитвам миг на дълбоко утешение.

Бор - Момент на толкова чиста радост.

Хайзенберг - Като че ли съм си у дома след дълго странстване.

Бор - Като че ли задълго загубено дете се е появило на прага.

Хайзенберг - Внезапно съм освободен от тъмните разпенени потоци на водата.

Бор - Кристиан е жив.

Хайзенберг - Светът отново е в мир.

Маргрет - Гледай ги само. Все още баща и син. Само за момент. Макар че вече ние всички сме мъртви.

Бор - Да, за момент, отново сме в двайсетте години.

Хайзенберг - И ще разговаряме и ще се разбираме така, както беше преди.

Маргрет - И от тези две глави ще изникне бъдещето. Кои градове да бъдат сринати и кои да оцелеят. Кой да загине и кой да живее. Кой свят да потъне в забрава и кой да триумфира.

Бор - Мой драги Хайзенберг!

Хайзенберг - Мой драги Бор!

Бор - Влизай, влизай ...

Край на първо действие

Превод: Михаил Бушев

(Michael Frayn, COPENHAGEN. Anchor books, New York, 1998.)

This volume is published with the generous financial support of the
EUROPEAN PHYSICAL SOCIETY

Лирици - физици

Физици - лирици

КОПРОДУКЦИЯ

Владимир Высоцкий

С. Вешар

из
МАРШ ФИЗИКОВ

МАРШ НА ФИЗИЦИТЕ

Тропы още в антими́р не
протоптаны.
Но, как на фронте, держись ты!
Бомбарди́руем мы я́дра протона́ми.
Значит, мы - анти́ллеристы

Нам тайны неразќрытые
расќрыть пора -
Лежат без пользы тайны, как
в копилке
Мы тайны эти скоро вы́рвем
у я́дра.
На волю́ пу́стим джидна́ из
бу́тылки!

Тесно сплоти́лись коварные а́томы -
Ну-ка, попробуй прорви́сь ты
Живо по ко́ням - в погоню́ за
кванта́ми!
Значит, мы - кванто́леристы

Ний тайни неразкрити не оставя́ме,
Открива́ме безброй микро́частици,
Божествените ребуси реша́ваме,
Намира́ме дори анти́частици.

Подготви́хме пробиви в голямата
физика,

Издава́ме историко-музейни
годишници,
Разви́хмe наскоро дори нанофизика,
Значи сме отличници!

Теории прекра́сни ний създа́ваме,
За кварки, електрони, солитони,
И експериментално потвържда́ваме,
Така се раждат вечните закони. * *

Светлината във лазерен лъч
укротя́ваме,
Създа́ваме мощни ракетни двигатели,
Пространства космически с тях
завладя́ваме,
Значи сме завоеватели!

Ний тайни неразкрити не оставя́ме,
Играем дръзко шах срещу Създателя,
Енергии огромни призова́ваме,
Ще обявим ли мат на Прародителя?

8 Март, 2002.