

ВСЕ ПО-МАЛКО СТАВАТ МЕСТАТА, В КОИТО ЧАСТИЦАТА ХИГС МОЖЕ ДА СЕ КРИЕ

Учените, работещи с най-големия в света ускорител на частици ГАК, разположен в околността на Женева, осъществяват най-мощното търсене на Хигс частицата – последното липсващо звено от Стандартния модел на елементарните частици. Прави се първият комбиниран анализ на данните от големите детектори ATLAS и CMS. Към края на 2012 година ГАК обещава да ни даде решението на загадката Хигс – заявиха физиците пред симпозиума по Физика на адронния колайдър, състоял се през ноември 2011 г. в Париж. Новият анализ на близо 160 000 милиарда сблъсъци на протони изключва възможността в Стандартния модел да съществува Хигс частица с енергии в интервала от 145 до 470 GeV.

Търсенето на Хигс частицата е една от най-важните задачи на Големия адронен колайдър (ГАК) в Европейския център за ядрени изследвания CERN. Изпълняващата се частица е последната брънка от ребуса на възприетия Стандартен модел за структурата на веществото, доколкото без механизма на Хигс в този модел не е възможно да се обясни масата на частиците. Германският електронен синхротрон (Deutsche Elektronen-Synchrotron) DESY при Хамбург участва в тази работа и в оценката на данните от ГАК детекторите със свои контролни помещения за детекторите на CMS и на ATLAS.

„Затваря се прозорчето за Хигс частицата” – казва професор Йоахим Мних, директор на DESY, отговарящ за физиката на елементарните частици и член на CMS групата. „Това не е чудно. Отворена е вратата към пространството, в което винаги сме предполагали, че тази частица се намира”. Все още отвореният енергетичен интервал за Хигс бозона е най-голямото предизвикателство за експериментите с ГАК, защото на физиците са нужни повече данни, за да стигнат до надеждни изводи. Физиците очакват до края на 2012 г. да получат данни за съществуването или за несъществуването на Хигс частицата. Според текущия анализ детекторите вече разполагат с обилно количество данни. До края на 2012 г. това количество отново ще се удвои.

Решаващите резултати вече са почти осигурени. „Откриването на Хигс частицата ще бъде постижение, а доказателството за нейното несъществуване би било революция” – изтъква Мних. Ако физиците не открият Хигса, това би било ключ към все още неразкритата физика, благодарение на която частиците се сдобиват с маси. „Хигс частицата е носещият камък на Стандартния модел” – обяснява физикът от DESY, Томас Нойман от екипа ATLAS, „Ако го изтеглиш, цялата сграда рухва”.

За търсенето на Хигс частицата в ГАК се сблъскват водородни ядра (протони) при скорости близки до светлинната – протони с безпрецедентна енергия; при това от енергията на сблъсъка възниква порой от вторични частици. В съответствие със Стандартния модел от около един милиард сблъсъка ще възниква едва само една Хигс

частица. А, за да стане задачата още по-трудна, тази частица не може да се регистрира пряко, а само посредством нейните разпадни продукти. И тъй като, в зависимост от нейната маса, тя може да се разпада на множество различни частици, търсенето ѝ става твърде сложно.

Физиците често представят масата на частиците посредством нейния енергетичен еквивалент – със стандартната единица електрон-волт (eV) – в съответствие със знаменитата Айнщайнова формула $E = mc^2$. **В интервала между 145 и 470 гига-електрон-волта (GeV) учените изключиха съществуването на Хигс частицата. На предишните ускорители вече беше изследван интервалът до 114.4 GeV.** Възможно е Хигс частицата да се крие някъде в прозореца между 114 и 145 GeV. Търсенето вече покри една съществена област. Съществуването на Хигс в рамките на Стандартния модел би било твърде малко вероятно над посочената вече област на изключване.

Новият анализ показва също така отличната работа на машините, по повод на които Мних подчертава: „Детекторите се оказаха толкова чувствителни, колкото ние очаквахме“. Поради това учените са убедени, че ще постигнат надеждни резултати от изследванията още през идната година.

18 ноември, 2011 г.
Превод: **М. Бушев**

**ПОСЕТЕТЕ УЕБ-СТРАНИЦАТА НА
СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ
НА АДРЕС:
<http://www.phys.uni-sofia.bg/upb>**

ЕКСПЕРИМЕНТИ НА ТЕВАТРОН СОЧАТ ВЪЗМОЖНИ ПРИЗНАЦИ ЗА ПОЯВА НА ХИГС БОЗОН В ПРЕДПОЛАГАЕМАТА ОБЛАСТ

С придвижването по следите на Хигс бозона интригата непрестанно нараства. Физиците, работещи по двата експеримента, поставени в теватронния колайдър на Ферми лабораторията, близо до Чикаго, днес съобщиха, че вероятно вече са по следите на търсената от толкова дълго време частица. Получените от тях признаци са съвместими с резултатите, съобщени през декември 2011 г. от учените, работещи на Големия адронен колайдър (ГАК) близо до Женева.

Физиците, работещи на теватрона, разказаха тази сутрин на присъстващите на конференцията Rencontres de Moriond, че са установили сред своите данни издутини, говорещи за наличието на Хигс частица с маса в интервала от 115 до 135 гигаелектрон-волта (GeV). Преди няколко месеца физиците от ГАК съобщиха за подобни гърбици, говорещи за Хигс частица с маса между 124 и 126 GeV.

„Настъпва последният етап в лова за Хигс бозона“ – заяви Джим Сигрист, заместник директор на отделението по физика на високите енергии. „Това е важен жалон за теватронните експерименти и заедно с това демонстрира ненамалващото значение на независимите измервания в стремежа да бъдат разбрани градивните елементи на природата.“

Нито теватронните, нито ГАК резултатите от търсенето на Хигс частицата стигат до равнището на статистическата убедителност, която се изисква, за да заявим, че става дума за откритие, но растящият обем на свидетелствата вдъхновява ентузиастите на физиката на микрочастиците.

Теватронните резултати идат от пълната база данни на най-големия американски ускорител на частици, който прекрати работата си през септември 2011 г.

На днешната конференция също и експериментите ATLAS и CMS дадоха допълнителен импулс на увереност сред ловците на Хигс частицата. С прибавянето на нови изследвания и с внасянето на уточнения в получените данни, участниците в двата ГАК експеримента продължиха да намират възможни намеци за частица в същия интервал, макар че сигналът при едно от изследванията в експеримента ATLAS леко е отслабнал.

Откакто миналата година беше съобщено за Хигс частицата, ГАК експериментите не са прибавили никакви нови данни; от декември ускорителят беше спрял за годишна техническа профилактика. Но обработката на резултатите беше продължена въз основа на получените данни. И двата експеримента отбелязаха напредък, като направиха нови видове изследвания. След като са били създадени при процеси на стълкновение в ускорители като ГАК и теватрона, масивните частици се разпадат бързо на по-леки. Хигс бозонът има няколко възможности накъде да отлети (или в какво да се превърне), когато се разпадне, но той е повече склонен да се превърне в един вид частици отколкото в друг.

През декември участниците в експеримента ATLAS насочиха вниманието си към най-вероятните сценарии за разпад. Това може да прозвучи като гигантска стъпка напред, но изводът за твърде малка вероятност на Хигс разпадите в допълнителните канали снижи техните приноси в текущите изследвания.

Експериментът CMS беше драматично усъвършенстван конкретно в един канал – този на разпада на Хигс бозони в двойки гама лъчи. Новите резултати разкриха гърбица в данните, която е малко по-близка до подобни резултати на ATLAS. „Не става дума за километри, но все пак е интересно,” заяви говорителят на ATLAS Фабиола Джаноти.

Все пак още е много рано да твърдим, че учените са разкрили възможното разположение на Хигса. „Лично аз смятам, че все още това е открит въпрос,” каза говорителят на CMS Джо Кандела. „Ще трябва бързо да се сдобием с нови данни”. Четирите експеримента по следите на Хигс – CDF, Dzero, ATLAS и CMS – ще продължат да се правят независимо един от друг, но заедно с това съвместно в стремежа им да изследват целия възможен диапазон за масата на Хигс бозона. Ако продължат в същото темпо, вероятно няма да ги дели голямо разстояние от онова, което е цел на тяхното търсене.

7 март 2012 г.
Превод: М. Бушев

Посетете нашия сайт
WOR.COINTECH.NET

На него можете да откриете всички списания на
СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА от 1991 г. досега

ЗА СИЛАТА НА „СЛАБОТО” ИЗМЕРВАНЕ. ДВА ЕКСПЕРИМЕНТА ОТ 2011 Г. ПОВДИГАТ ОТНОВО ФУНДАМЕНТАЛНИ ВЪПРОСИ НА КВАНТОВАТА МЕХАНИКА

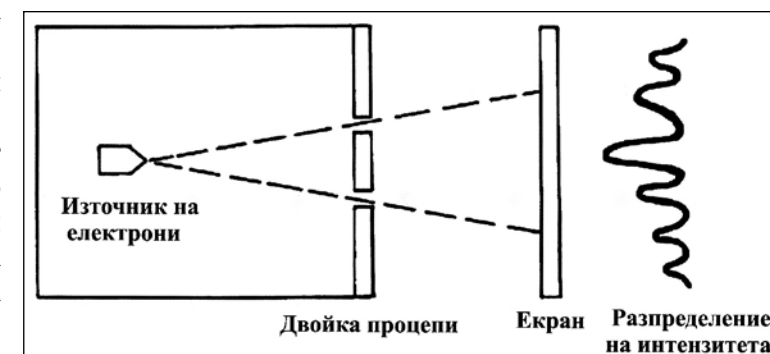
Динко Динев

1. Дифракция на квантови частици от два процепа

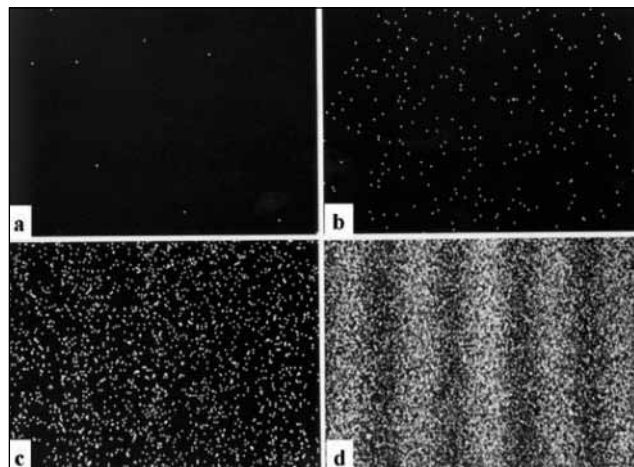
Според Р. Файнман класическият експеримент по дифракция на квантови частици от два процепа лежи в самото сърце на квантовата механика. Експериментът е припомнен на Фиг. 1. В непрозрачен екран са направени два успоредни процепа с ширина, която е много по-малка от дължината на вълната на частицата ($\lambda = 2\pi\hbar / p$, p -импулсът на частицата). Разстоянието между процепите е от порядъка на дължината на вълната. Измерва се интензитетът на разсеяните частици върху екран. Разстоянието между процепите и екрана обикновено е много по-голямо от разстоянието между самите процепи. Правени са експерименти с фотони, електрони и други частици. Противно на онова, което може да се очаква за поток от класически частици, върху екрана се получава характерната за вълновите процеси интерференчна картина от редуващи се максимуми и минимуми на интензитета.

В класическата механика познаването на положението и скоростта на частицата дава възможност да разкрием нейното минало, настояще и бъдеще. Квантовата механика обаче има вероятностен характер. Освен това съгласно принципа на

неопределеност на В. Хайзенберг не е възможно да познаваме едновременно точното положение и точния импулс на частицата. Това прави невъзможно определянето на траекторията на частицата. Експериментите показват също, че всеки опит да се определи през кой от двата процепа преминава частицата води до разрушаване на интерференчната картина. Всъщност получаването на информация, за това през кой от двата процепа е преминал фотонът (т. нар. ‘which-way’ информация), е еквивалентно на измерване на положението, а регистрирането на интерференчната картина в известен смисъл е еквивалентно на измерване на импулса. При описването на квантовата

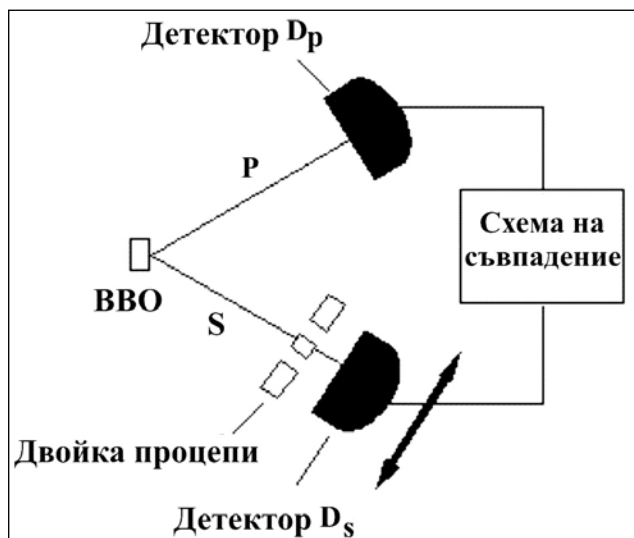


Фиг. 1. Дифракция на електрони от два процепа



Фиг. 2. Формиране на интерференчна картина, когато електроните преминават през двата процепа един по един

Един експеримент с фотони, направен през 2002 г., разкрива много от необичайните и противоречащи на нашите интуитивни представи характерни черти на квантовия свят – [1]. Експерименталната установка е показана на Фиг. 3. В експеримента се използва източник на фотони в сплетено състояние (entangled фотони). В този източник чрез спонтанна параметрична конверсия (spontaneous parametric down conversion) в кристал на бета бариев борид (BBO) се излъчва двойка линейно поляризирани фотони със



Фиг. 3. Експеримент по дифракция на двойка фотони в сплетено състояние през два процепа

система корпускулярните свойства (траектория) и вълновите свойства (интерференция) се допълват едно друго. Съгласно принципа на допълнителност на Н. Бор те не могат да се наблюдават едновременно.

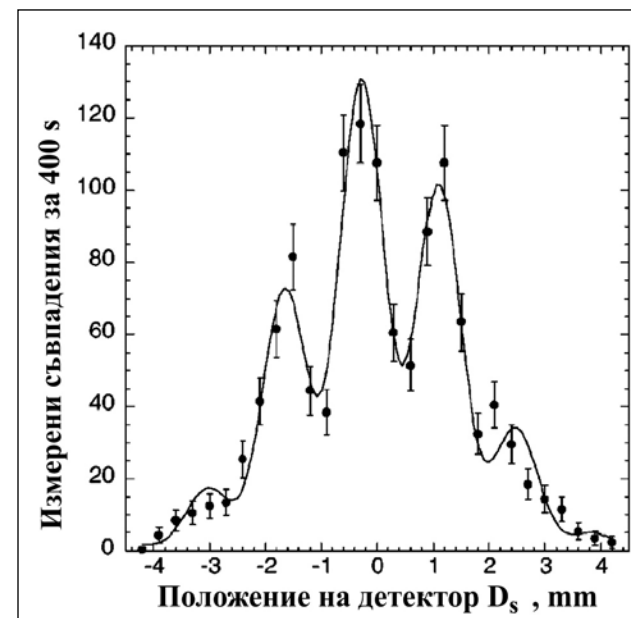
Какво става, ако интензитетът на източника е толкова нисък, че частиците преминават през процесите една по една? Единична частица разбира се не може да създаде интерференчна картина. Но ако се натрупат голям брой частици, преминали през процесите една по една, то интерференчната картина започва да се оформя – Фиг. 2.

Ако единият фотон е поляризиран вертикално, то другият ще е задължително поляризиран по хоризонталата и обратното. При това предварително е напълно неизвестно каква е точната поляризация на всеки конкретен фотон (вероятността тя да е насочена по вертикалата е $\frac{1}{2}$, каквато е и вероятността тя да е насочена по хоризонталата). В същото време поляризацията на фотоните от двойката сплетени фотони остава неизменно строго корелирана дори ако двата фотона са отдалечени на голямо разстояние един от друг. В известен смисъл не е

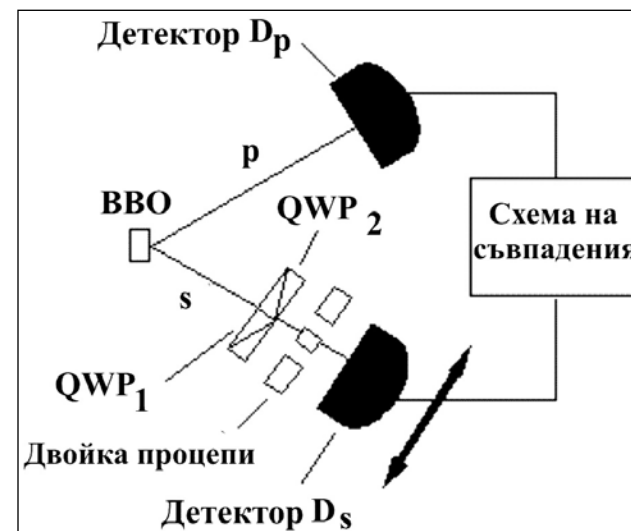
коректно една двойка фотони в сплетено състояние да се разглежда като състояща се от две отделни същности, а трябва да се разглежда като едно цяло.

Както е показано на Фиг. 3, единият фотон от двойката сплетени фотони, означен с 'p' се отклонява към детектора на фотони D_p , докато вторият фотон, означен с 's', се насочва към непрозрачен екран, в който са изрязани два тънки процепа. След преминаването си през процесите този фотон се детектира от детектора D_s . Двата детектора са свързани със схема на съвпадение, за да сме сигурни, че детектираме фотоните, принадлежащи на една и съща двойка сплетени фотони. Интензивността на източника е толкова ниска, че фотоните преминават през процесите един по един. Времето на измерване е 400 s. За да може да се получи цялата интерференчна картина, детекторът D_s се сканира успоредно на екрана с процесите. Измерената интерференчна картина е показана на Фиг. 4.

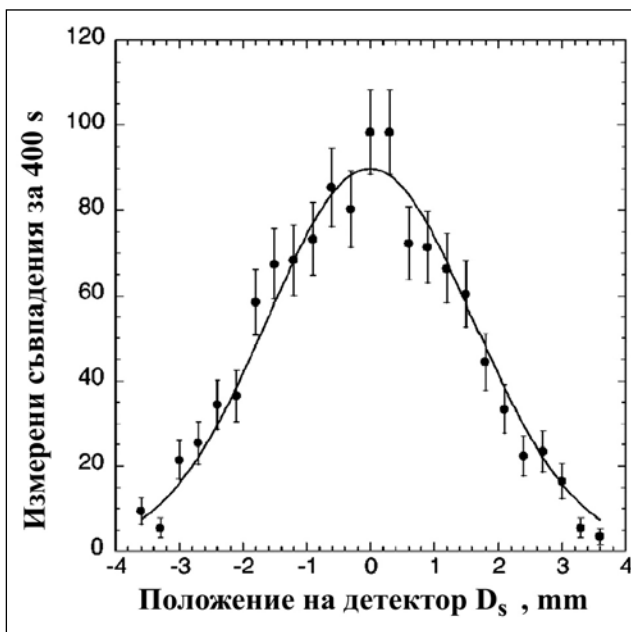
Нека сега решим да определим през кой точно процес преминава фотонът 's', т.е. да получим т. нар. "which way" информация. За целта в описания експеримент се използват две четвъртвълнови кристални пластини ($\lambda/4$) – QWP_1 и QWP_2 . Те са поставени пред всеки от двата процепа и са противоположно ориентирани – Фиг. 5. Тези пластини са направени от двойнолъчепречупващ кристал и имат свойството да преобразуват линейната поляризация на свет-



Фиг. 4. Интерференчна картина, получена при измерването, показано на Фиг. 3.

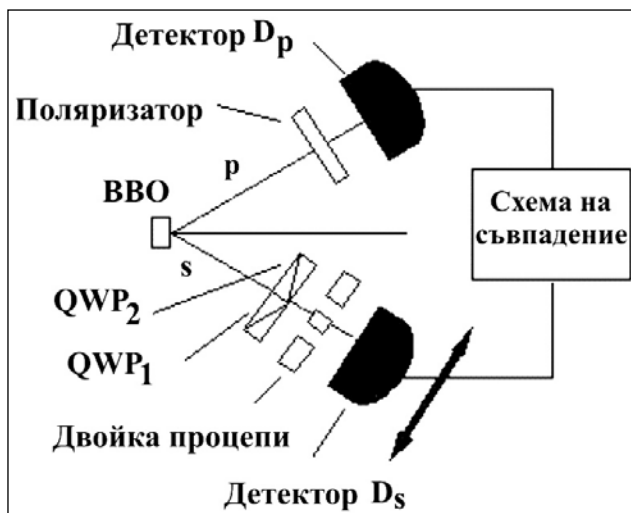


Фиг. 5. 'Which way' експеримент с двойка сплетени фотони



Фиг. 6. Разпределение на интензитета на фотоните за случая, показан на Фиг. 5

QWP₂ интерференчната картина изчезва – Фиг. 6. Дори не е необходимо действително да сме определили през кой от двата процепа преминава фотонът ‘s’. Достатъчно



Фиг. 7. Изтриване на ‘which way’ информацията чрез поставянето на поляризатор на пътя на ‘p’ фотоните

лината в кръгова. Например, ако сме измерили, че фотонът ‘p’ е поляризиран по хоризонталата ($|H\rangle$), то ние знаем със сигурност, че фотонът ‘s’ е поляризиран вертикално ($|V\rangle$). Тогава QWP₁ ще преобразува линейната поляризация на ‘s’ в дясно ориентирана кръгова поляризация (RCP), докато пластината QWP₂ в ляво ориентирана кръгова поляризация (LCP). Ако сме измерили, че фотонът ‘p’ е поляризиран вертикално, то сега QWP₁ ще дава LCP поляризация, а QWP₂ – RCP. По този начин по посоката на кръговата поляризация на фотона ‘s’ може да се определи през кой процеп е преминал този фотон.

Изненадващо при поставянето на двете пластини QWP₁ и QWP₂ интерференчната картина изчезва – Фиг. 6. Дори не е необходимо действително да сме определили през кой от двата процепа преминава фотонът ‘s’. Достатъчно е само поставянето на двете четвъртвълнови пластини пред процепите, което прави ‘which way’ измерването потенциално възможно.

Авторите на експеримента отиват и по-далеч. Те поставят на пътя на фотоните ‘p’ поляризатор, който завърта равнината на поляризация по такъв начин, че тя става комбинация от поляризация по хоризонталата и поляризация по вертикалата

$$(|D\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|H\rangle + |V\rangle) \quad -$$

Фиг. 7.

Сега вече не може да кажем предварително как ще е ориен-

тирана кръговата поляризация на фотона ‘s’ ако е преминал през QWP₁ и след това през първия процеп или пък през QWP₂ и втория процеп. С равна вероятност той ще е с RCP или LCP поляризация, независимо през кой процеп е преминал. Which way информацията е изтрита. Това отново връща интерференчната картина – Фиг. 8.

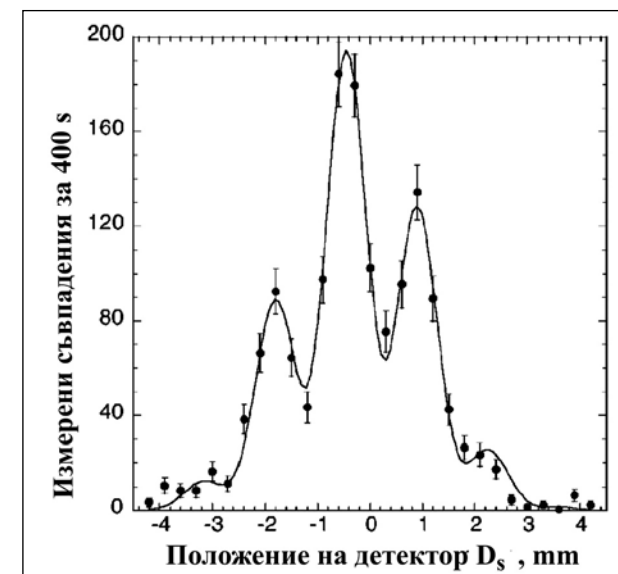
2. Определяне на усреднените траектории на фотони при дифракция от два процепа

През 2011 г. екип канадски изследователи от университета в Торонто, ръководен от А. Стайнбърг (A. Steinberg), успя експериментално да определи траекториите на фотони при експеримент по дифракция от два процепа – [2].

Съгласно принципа на неопределеност квантовата частица не притежава едновременно добре дефинирано положение и импулс. Но ако се извършат множество измервания върху един ансамбъл от идентични частици, е възможно да се определи средно положение и среден импулс на частицата и да се възстанови една усреднена траектория. Нещо подобно правят А. Стайнбърг и неговите сътрудници. В своя експеримент те прилагат концепцията на т. нар. „слабо” измерване, развита в края на 80-те години на миналия век от Я. Ааронов (Y. Aharonov), Д. Алберт (D. Albert) и Л. Вайдман (L. Vaidman) – [3, 4].

Измерването в микросвета има тази особеност, че винаги оказва въздействие върху измервания обект. Това въздействие не може да се направи безкрайно малко. Колкото по-точно е измерването, толкова по-силно е въздействието върху квантовата система, а това прави много неточен или дори неопределен резултата на едно последващо измерване на променлива, която е допълнителна на измерваната (канонично спрегната).

Съгласно наложилата се в момента копенхагенска интерпретация на квантовата механика (Н. Бор, В. Хайзенберг, М. Борн, Дж. фон Нойман) ако измерваме величината a с квантов оператор A и ако преди измерването частицата се е намирала в състояние $|\Psi\rangle = \sum c_k |a_k\rangle$, то в резултат на измерването ще получим с вероятност $|c_k|^2$ стойността a_k и вълновата функция на частицата ще претърпи мигновена редукция (колапс) $|\Psi\rangle \rightarrow |a_k\rangle$. Някои физици дори считат, че измерването свойство на частицата не е съществувало преди извършването на измерването. Н. Бор например приема



Фиг. 8. Разпределение на интензитета получено при измерването, показано на Фиг. 7

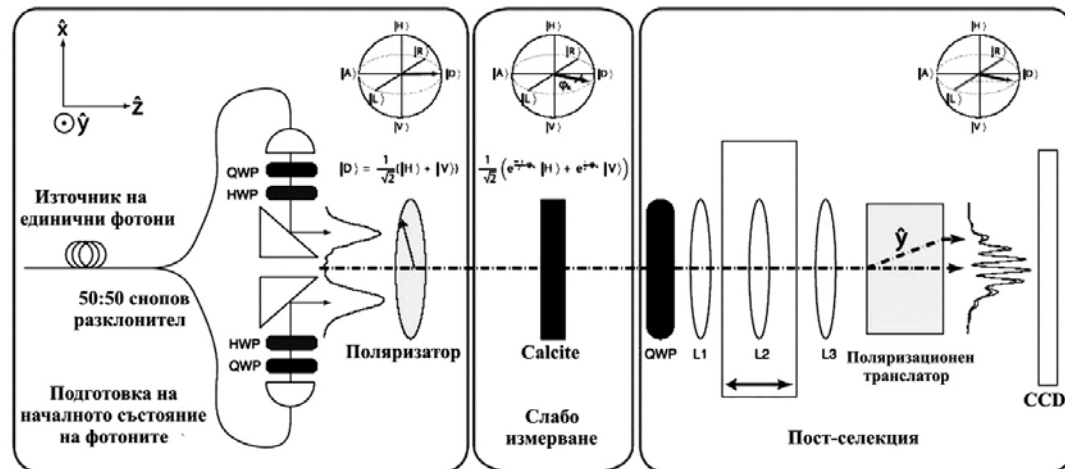
за единствените „елементи на реалността“ резултатите от квантовото измерване. Според други концепцията за мигновена редукция на вълновата функция е чуждо тяло за квантовата механика. Макар, че квантовата механика е доказала своята ефективност при прилагането ѝ в най-разнообразни области на физиката, опитите да се придаде по-голяма логическа последователност на тази теория не престават и в наши дни.

Какво представлява слабото измерване?

Идеята на Ааронов, Алберт и Вайдман се състои в следното. Нека измерваме някаква характеристика на частицата. В експеримента на Стайнбърг и сътрудници това е импулсът на един фотон. Ако измерителният прибор е много слабо свързан с квантовата система (фотона), то получаваната информация ще е неточна и недостатъчна. В същото време въздействието, оказвано от прибора върху фотона ще е толкова малко, че то няма да промени съществено по-нататъшната му еволюция. Този процес на слабо измерване на импулса на фотона може да се последва от едно нормално, или както се казва „силно“ измерване на положението на този фотон. Така ние имаме информация за точното положение на фотона и частична информация за неговия импулс. Ако тази процедура се повтори многократно върху един ансамбъл от идентични фотони и получените резултати за импулса се усреднят, то ще може да се получи една достатъчно точна средна стойност на импулса на фотона за определено негово положение. Повече подробности за метода на слабото измерване са дадени в Приложение 1.

А. Стайнбърг и сътрудници прилагат концепцията за слабото измерване за да определят усреднените траектории на фотоните при един експеримент по дифракция на фотони през два процепа. Важният момент тук е, че слабото измерване не разрушава интерференчната картина. Тази картина се запазва в продължение на целия процес на измерване.

Експерименталната установка е показана на Фиг. 9.



Фиг. 9. Експеримент за определяне на усреднените траектории на фотоните при дифракция от два процепа

Като източник на единични фотони се използва една InGaAs квантова точка, охладена с течен хелий. Тя се напompва оптически от CW лазер с дължина на вълната 810 nm и излъчва единични фотони с дължина на вълната 943 nm. За да са сигурни, че работят с единични фотони екипът на Стайнбърг пропуска фотоните през един едномонов световод. Следва 50:50 снопов разклонител. Изходите на разклонителя са свързани със световоди, които играят ролята на процепите в класическия експеримент по дифракция от два процепа. Фотонните снопове след това с помощта на две призми се ориентират успоредно на оста z. Поляризацията на фотоните се подготвя от един поляризатор така, че да бъде насочена по диагонала: $|D\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|H\rangle + |V\rangle)$.

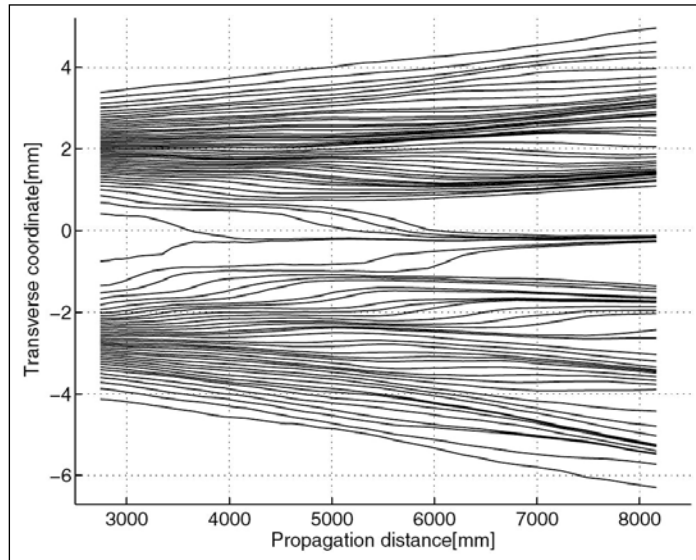
За извършване на слабо измерване на импулса на фотоните се използва тяхната поляризация. За целта те се пропускат през кристал от калцит (CaCO_3), който е двойно лъчепречупващ материал. Калцитът завърта леко равнината на поляризация на фотоните, като ъгълът на завъртане е пропорционален на дебелината на материала, през който е преминал лъчът. Фотоните, които навлизат в кристала перпендикулярно на повърхността му, изминават в него разстояние, равно на дебелината на кристала (0.7 mm). Фотоните, които освен надлъжен (по оста z) имат и напречен импулс (по оста x), пресичат кристала под ъгъл, изминават по-дълъг път в него и получават по-голямо завъртане на поляризацията. Следователно поляризацията на един фотон ще зависи от направлението на неговия импулс (вълнов вектор). Абсолютната стойност на импулса на всички фотони е една и съща и се определя от дължината на вълната. Завъртането на равнината на поляризация от калцитния кристал е малко в сравнение с началната неопределеност в поляризацията на фотоните и по тази причина измерването е слабо, т.е. то не оказва съществено влияние върху състоянието на фотоните.

Трябва да се има предвид, че не е възможно да се измери поляризацията на единичен фотон с помощта на поляризатор. Фотонът или преминава през поляризатора или не. За да се измери точната поляризация, трябва през поляризатора да се пропуснат голям брой фотони и да се определи вероятността за преминаване. От тази вероятност може да се изчисли ъгълът на поляризация. Самата поляризация на фотоните Стайнбърг и сътрудници измерват с помощта на една кристална четвъртвълнова пластина ($\lambda/4$) (QWP) и един поляризационен трансатор (polarization beam displacer).

Отново трябва да се подчертае, че описаното по-горе слабо измерване на импулса на фотоните чрез тяхната поляризация не разрушава интерференчната картина върху екрана. В експеримента екранът е една CCD матрица.

Самото измерване трябва да се извърши върху ансамбъл от голям брой идентични фотони, като от този ансамбъл се изчислява средната стойност на импулса. В експеримента на Стайнбърг и сътрудници квантовият ансамбъл обхваща 31 хиляди фотона (всяко положение на екрана се измерва в продължение на 15 s).

С помощта на три леци, средната от които може да се премества по оста z, се създава изображение върху CCD камерата на интерференчната картина, получавана на определено разстояние зад двата процепа.



Фиг. 10. Усреднени траектории на фотоните при дифракция от два процепа

Измерените от Стайн-бърг и сътрудници усреднени траектории на фотоните при дифракция от два процепа са показани на Фиг. 10.

Интересното е, че тези траектории съвпадат с траекториите, предсказани от Д. Бом в неговата интерпретация на квантовата механика. Според Бом микросветът се състои от частици с точно определени координати и импулси и от вълнова функция (ведещо поле, пилотна вълна), която се разпространява съгласно уравнението на

Шрьодингер. Съотношението на неопределеност се интерпретира от Бом като резултат на неконтролирано изменение в състоянието на частицата, внесено от измерителния прибор. Подобно неконтролирано въздействие на измерителния прибор се проявява дори при едно косвено измерване, пример за каквото е парадоксът на Айнщайн-Подолски-Розен (АПР). В парадокса АПР пилотната вълна заставя и пространствено отдалечената частица да реагира мигновено на измерването, извършено върху по-близката частица.

Авторите на експеримента подчертават в своята статия, че направеното измерване не е в противоречие с копенхагенската интерпретация на квантовата механика и с принципа на неопределеност и че това измерване може да се впише в общоприетата картина.

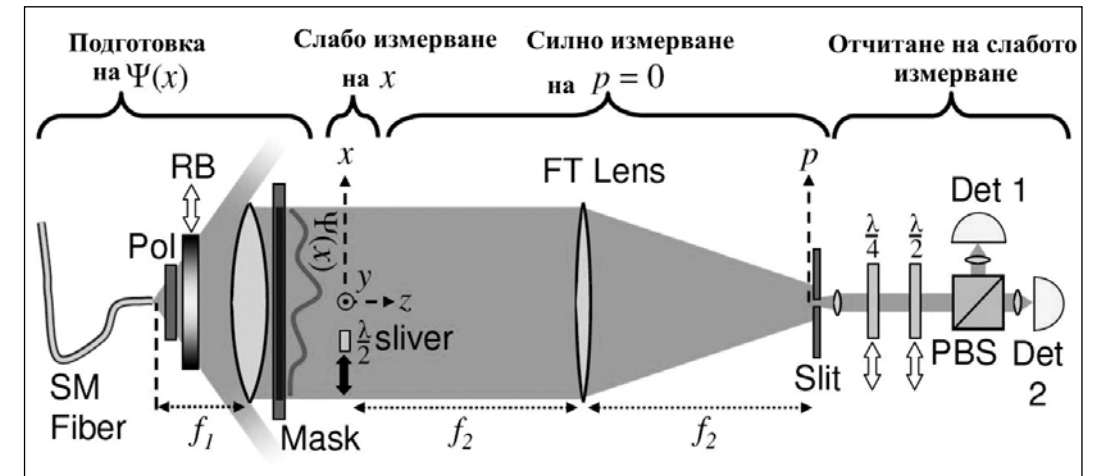
3. Пряко измерване на квантовата вълнова функция

Друг екип от канадски физици приложи през 2011 г. метода на слабото измерване за определяне на напречната вълнова функция на фотони. Екипът включва Дж. Ландин (J. Lundeen), Б. Садърлънд (B. Sutherland), А. Пейтъл (A. Patel), К. Стюарт (C. Stewart) и Ч. Бамбър (Ch. Vamber) от канадския Институт за национални измервателни еталони.

В съответствие с принципа на неопределеност не е възможно измерването на вълновата функция на отделна квантова система – точното измерване на координатите изменя състоянието на системата и възпрепятства последващо измерване на импулсите. Нищо не пречи обаче да се определи вълновата функция, като се използва ансамбъл от идентични квантови системи. Има разработени подобни косвени методи за определяне на вълновата функция. Те са предмет на квантовата томография.

За разлика от подходите, развивани в квантовата томография, Дж. Ландин и сътрудници са създали метод за пряко измерване на вълновата функция.

Сърцевината на метода е в това, че първото измерване (на положението на фотона) е слабо и не причинява забележима деформация на вълновата функция. Както е описано в Приложение 1, слабата стойност $\langle A \rangle_w$ е комплексна величина. Това открива възможност да се измерят едновременно реалната и имагинерната части на вълновата функция.



Фиг. 11. Експериментална установка за директно измерване на вълновата функция

В експеримента на Ландин и сътрудници по метода на слабото измерване се определя положението на фотона $A = \pi_x = |x\rangle\langle x|$. Това слабо измерване се последва от нормално (силно) измерване на импулса, даващо $P = p$.

Съгласно Приложение 1 измерената слаба стойност на положението (след усредняване по един ансамбъл от идентични фотони) се определя от формулата:

$$\langle \pi_x \rangle_w = \frac{\langle p | x \rangle \langle x | \Psi \rangle}{\langle p | \Psi \rangle} = \frac{e^{-\frac{i}{\hbar} p x} \Psi(x)}{\Phi(p)} \quad (1)$$

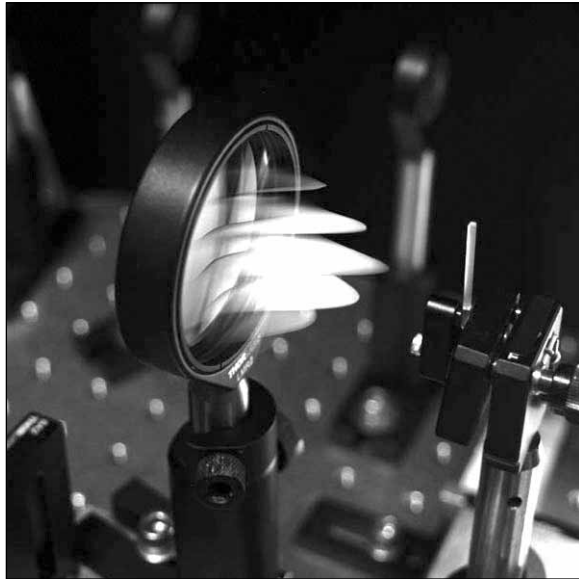
В експеримента се подбират само онези фотони, за които напречният импулс е равен на нула, $p=0$. След тази пост-селекция от (1) получаваме:

$$\langle \pi_x \rangle_w = k \Psi(x), \quad k = \frac{1}{\Phi(0)} = \text{const.} \quad (2)$$

Следователно измерената слаба стойност на положението на фотона дава директна информация за неговата вълнова функция.

Експерименталната апаратура е показана на Фиг. 11.

Използва се източник на единични фотони с дължина на вълната 800 nm. За да



Фиг. 12. Измерената от Дж. Ландин и сътр. напречна вълнова функция на фотоните

ъгъл на завъртане на линейната поляризация на фотона служи за указател каква е неговата напречна координата x .

Пост-селекцията на състоянията с $p=0$ се извършва от една ахроматична леща (т. нар. Fourier transform lens) и една $15\mu\text{m}$ диафрагма.

Измерената напречна вълнова функция на фотоните е показана на Фиг. 12.

Приложение 1

Метод на „слабото” измерване в квантовата механика

Дж. фон Нойман е първият, който разглежда измерването в квантовата механика като взаимодействие между квантовата система и измерителния прибор, който също се третира като квантов обект – [6]. За нагледност вместо за целия измерителен прибор се говори за „стрелката” (pointer) на този прибор. С тази стрелка са свързани две канонично спрегнати променливи: положение Q и импулс P .

При едно идеално (или както още се казва „силно”) измерване началното състояние на стрелката е добре локализирано около нулата:

$$\text{Pr ob}(Q) = \frac{1}{\Delta\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{Q^2}{\Delta^2}\right) \quad (3)$$

$\Delta \ll 1$.

Това означава, че ще имаме голяма неопределеност в канонично спрегнатия импулс P на стрелката. Взаимодействието на измерителния прибор със системата ще внесе голяма и неопределена промяна в нейното състояние.

са сигурни, че работят с единични фотони авторите на експеримента ги пропускат през едномодов вълновод.

За слабо измерване на напречното положение на фотона Ландин и сътрудници използват поляризацията на фотоните. Първоначално те се поляризират линейно от един поляризатор, представляващ решетка от тънки метални жички.

Измерването на напречното положение на фотоните (по оста x) става с помощта на една полувайна ($\lambda/2$) кристална пластинка с размери: $x=1\text{mm}$, $y=25\text{mm}$, $z=1\text{mm}$. Тази пластина сканира напречната координата x със стъпка 1mm . Тя завърта линейната поляризация на фотоните на ъгъл $\varphi=20^\circ$. В експеримента този

В квантовата механика измерената средна стойност на една величина A , характеризираща системата, на която съответства оператор $\hat{A}$, е:

$$\langle A \rangle = \langle \Psi_i | \hat{A} | \Psi_i \rangle \quad (4)$$

В (4) $|\Psi_i\rangle$ е състоянието, в което се е намирала системата по време на измерването.

Ааронов, Алберт и Вайдман предлагат един алтернативен подход към измерването в квантовата механика, наречен от тях „слабо” измерване. При слабото измерване, противно на подхода на фон Нойман, началната неопределеност в положението на стрелката Q се избира да бъде голяма. По-точно $\Delta \gg a_i$, за всички собствени стойности a_i на $\hat{A}$. В същото време импулсът P е добре локализиран около нулата ($\langle P \rangle = 0$) и има много малка неопределеност. Взаимодействието между измерителния прибор и системата е слабо и точността на отделното измерване е малка. Измерването не повлиява съществено състоянието на системата. Това позволява провеждането на едно последващо силно измерване на допълнителната на A наблюдаема C . Нека от всички възможни състояния на системата след силното измерване подберем онези, за които величината C има определена стойност $C=c$. Нека означим това пост-селектирано състояние с $|\Psi_f\rangle$. Доказва се, че измерената по описания по-горе начин слаба стойност се дава с:

$$\langle A \rangle_w = \frac{\langle \Psi_f | A | \Psi_i \rangle}{\langle \Psi_f | \Psi_i \rangle} \quad (5)$$

За разлика от средната стойност $\langle A \rangle$ слабата стойност $\langle A \rangle_w$ е комплексна величина. Нейната реална и имагинерна части имат ясен физически смисъл. След слабото измерване стрелката на измерителния прибор следва едно вероятностно разпределение, което представлява началното разпределение (1), отместено с реалната част на $\langle A \rangle_w$:

$$\text{Pr ob}(Q) = \frac{1}{\Delta\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{(Q - \text{Re}(A_w))^2}{\Delta^2}\right) \quad (6)$$

Имагинерната част на $\langle A \rangle_w$ определя на свой ред изменението на импулса на стрелката P .

За получаването на слабото измерване $\langle A \rangle_w$ трябва да се извършат голям брой измервания върху ансамбъл от идентични квантови системи. Последващата слабото измерване пост-селекция, базирана върху едно последващо силно измерване, подбира определено подмножество на този ансамбъл.

Литература:

1. Walborn S. P., Terra Cunha M.O., Padua S., Monken C.H. Double-slit quantum eraser. Physical Review A, v. 65, 2002, p. 033818
2. Kocsis S, Braverman B., Ravets S., Stevens M.J., Mirin R.P., Shain I.K., Steinberg A.M.

Observing the Average Trajectories of Single Photon in a Two-Slit Interferometer. Science, v. 332, 2011, pp. 1170-1173

3. Aharonov Y, Albert D.Z., Vaidman L. How the result of the measurement of a component of the spin of a spin-1/2 particle can turn to be 100. Physical Review Letters, v.60, 1988, pp. 1351-1354
4. Vaidman L. Weak-measurement elements of reality, Foundation of Physics, v. 26, 1996, p. 895
също: arXiv: quant-ph/9601005v1, 8 Jan 1996
5. Lundeen J.S., Sutherland B., Patel A., Stewart C., Bamber C. Direct measurement of the quantum wavefunction. Nature, v. 474, 2011, pp. 188-191
също: arXiv: 1112.3575v1 [quant-ph], 15 Dec 2011
6. J. von Neumann. Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik. Springer, Berlin, 1932.

АБОНАМЕНТ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

Абонамент за 1 година (4 книжки) – 16 лв., за пенсионери и студенти – 8 лв.

Ако желаете да се абонирате – пишете на worldofphysics@abv.bg

Броеве от списанието можете да намерите на следните места:

София

- Книжарницата на БАН: София 1000, ул. “15 ноември” № 1, тел. (02) 987 97 86
- Книжарницата на Математически факултет на СУ “Св. Климент Охридски”: София 1164, бул. “Джеймс Баучър” 5
- Съюз на Физиките в България, Физически факултет, СУ “Св. Климент Охридски”: София 1164, бул. “Джеймс Баучър” 5, Невенка Веселинова, GSM: 0885 812 473, e-mail: sofiiski_klon@abv.bg или Снежана Йорданова, тел. +359 2 62 76 60, e-mail: upb@phys.uni-sofia.bg

Благоевград

ЮЗУ „Неофит Рилски”, ул. „Иван Михайлов” № 66

Варна

Народна Астрономическа Обсерватория и Планетариум „Николай Коперник”, Приморски парк 4

ФИЗИКА НА БОРНИТРИДНИТЕ НАНОТРЪБИ

Марвин Коен и Алекс Зетл*

С усъвършенстването на методите на синтез, борнитридните нанотръби, изглежда, стават все по-ценни в областта на фундаменталните физически изследвания и намират приложения в редица форми – от оцветяеми тъкани, поглъщащи неутронно лъчение, до високотемпературни катализатори и фотоволтаични прибори.

Синтезираните материали отдавна са в центъра на физиката на твърдото тяло. Те често предлагат нов поглед към физиката, определяща свойствата на материалите – естествени и синтетични, – а понякога и нови възможности за приложение. Свръх-проводниците са само един от примерите за това. Търсейки по-високи преходни температури, изследователите са научили много за свръхпроводимостта и естеството на електрон-електронните взаимодействия. Целта, която обикновено се преследва, може да се определи с израза „Колкото по-високо, толкова по-добре”.

В нанонауките обаче целта може да се преформулира като „Колкото по-малко, толкова по-добре”. Когато размерите на материала се доближават до мащаба на атома, възникват интересни физични явления, а ефектите на квантовите размери влияят върху електроните. Ограниченията, свързани с размерността и симетрията, също влияят на поведението на електроните. Когато вълновите функции на електроните се ограничат например до размерност едно или две, спектърът на колективните възбуждания може да се промени и свойства, които са обичайни в обемните кристали, могат да се превърнат в необичайни в наноструктурите.

Синтезът на същински метастабилни наноструктури и структурното, оптическо, термично, електронно или механично им охарактеризиране представляват предизвикателство, но в тази област е постигнат забележителен напредък. Освен обичайните методи на микроскопията в атомен мащаб, които са на разположение на изследователите, неотдавна бяха разработени методи за закрепване на индивидуални проводници или сонди към изолирани нанотръби и молекули с възможности за пренос и механични измервания. Такива подходи позволяват изучаването и на молекулните структури, използвайки методи като рамановата спектроскопия, оптическата проводимост и такива, предизвикващи магнитен отклик, които преди са били приложими само към обемни материали.

Борнитридните нанотръби (БННТ) са добър пример за това как теоретичните и експерименталните изследвания са довели до откриването на нови материали, отворили врата към екзотични свойства на материалите, интригуващи нови явления и уникални приложения. Предсказанието на 1994 г. на една групите ни (тази на Коен), че могат да съществуват БННТ¹ и успешният синтез през следващата година² от другата (тази на Зетл) придадоха правдоподобност на идеята, че изчислителните методи, разработени за обемни твърди тела, биха могли да се приложат към обекти с наноразмери. Оттогава

насам изследванията на БННТ се развиват активно и със сигурност в близко бъдеще ще се разширяват значително.

Въглеродни съответствия

Понастоящем, най-широко изучените наноструктури се основават на въглерод – т. нар. бъки-топчета от въглерод 60^3 и въглеродните нанотръби (ВНТ)⁴ представляват първокласни примери (виж, статията на Фейдън Авурис в брой 4 от 2011 г. на „Светът на физиката“, с. 396, б. пр.), отчасти поради това, че методите за синтеза им се адаптират лесно. За щастие, интересните многостенни и цилиндрични структури не са ограничават до въглерод, а работата на Решеф Тенне и колектив по съединения на преходни метали е създала редица нови материали, които са част от този клас.⁵ Всъщност, през последните две десетилетия се появиха редица видове нанотръби и фулерен-подобни наночастици от неорганични слоести (и дори неслоести) материали. Добавянето на БННТ в списъка – дори в чиста форма или в такава, която смесва въглеродни атоми в състава, ако това е желателно, – предоставя на изследователите още една система за проучване.

Структурно, БННТ приличат на ВНТ: както е показано на Фигури 1а и 1б, материалът е (ефективно) едноизмерен алотроп от двуизмерен лист от бор нитрид, подреден в хексагонална решетка (h-BN). Това, че плътно sp^2 -свързани листове от бор нитрид, разделени от по-слаби ван-дер-Ваалсови връзки, приличат на слоестата структура на графита, не е изненадващо. Но добре познатото подреждане с отместване на графитните слоеве – всеки С над или под центъра на един хексагонален пръстен на съседен слой – отсъства в h-BN, чиито пръстени се подреждат директно един върху друг. Различното подреждане отразява фундаменталната разлика в конфигурацията на заряда на връзката между С и ВN, дори за един единствен лист. Разпределението на заряда в С-С връзките е симетрично и асиметрично в В-N връзките. Поради това, че част от електронния заряд върху В се пренася към N, връзките не са чисто ковалентни (като при графита), а притежават известен йонен характер. Преносът на заряд води до появата на процеп между зоните на валентност и проводимост; поради това ВN има поведение на полупроводник с широка зона, докато графитът е метален.

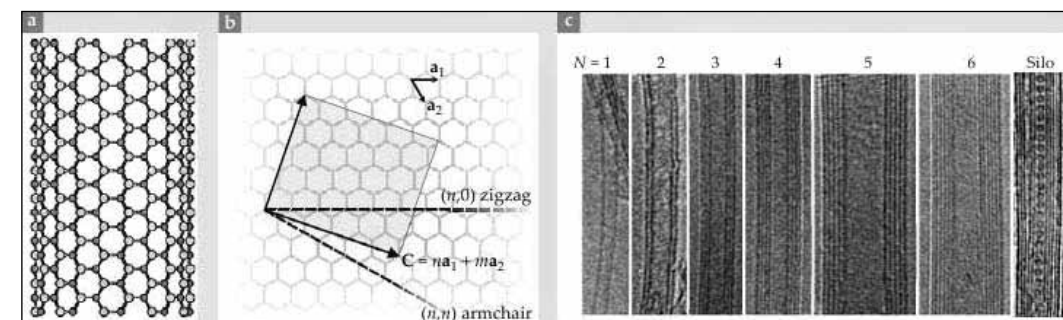
От друга страна, h-BN е чисто синтетичен материал, който доколкото е известно, за пръв път е бил синтезиран през 1842 г. Но структурните му подобия с графита са му спечелили названието „бял графит“. Всяка година се произвеждат тонове h-BN, използващи се широко в индустрията като високотемпературен лубрикант. Освен забранената зона на електроните и поразителния бял цвят, много от свойствата на материала се откриват и в БННТ, включително температурна устойчивост при екстремни температури в оксидиращи среди и способност за поглъщане на неутронно лъчение.

Въпреки относително лесното производство на индустриално ниво на h-BN, разработването на ефикасна производствен процес за БННТ беше трудно. Това може би е обяснимо поради факта, че h-BN, а не БННТ, е най-ниско енергийната форма на ВN, точно както и графитът е най-ниско енергийната форма на въглерода. По-високо енер-

гийните форми на въглерода, като диамант, фулерени или нанотръби, са метастабилни и редки в природата. Други алотропни форми на ВN, и особено онези с кривина, също са метастабилни. Това обаче не налага БННТ да са вътрешно неустойчиви. В действителност, БННТ са по-устойчиви от ВНТ съотнесено към планарните структури, от които произхождат.⁶ Веднъж образувани, БННТ се разрушават особено трудно, било то по химически или термичен път.

Синтез

Първите БННТ са синтезирани с въвеждане на h-BN във високотемпературна плазма между два волфрамови електрода, образуващи дъга.² Този процес е довел до добива на висококачествени тръби, но в ограничени количества и със слаб контрол върху диаметъра на тръбите, тяхната хиралност или брой на стените – броят нанотръби, поместени една в друга. Фигура 1с представя изображения, получени с трансмисионен електронен микроскоп на различни БННТ, броят на стените N на които е в интервала от 1 до 6, с типичен вътрешен диаметър 1-3 nm.



Фигура 1. (а) Борнитридна нанотръба (БННТ), показана схематично с нейните редуващи се борни и азотни атоми върху навита на руло хексагонална решетка. Някои методи на синтез създават нанотръби, които благоприятстват една т. нар. ориентация тип кресло на атомите, както е показано тук; други благоприятстват ориентация тип зигзаг. **(б)** Компонентите на тангенциалния вектор C , който описва външната страна на една нанотръба тръба и указват нейната ориентация, показани чрез единичните вектори a_1 и a_2 и структурни показатели (n, m) . Тук е представена нанотръба, чиято ориентация е между тип кресло и тип зигзаг, развита върху лист, чиято площ се определя от потъмнения квадрат. **(с)** Нанотръбите могат да бъдат в едностенни или многостенни форми – нанотръбите са или единични тръби, или поместени една в друга като руски матрьошки. Серия изображения от трансмисионен електронен микроскоп представя БННТ, чийто брой стени N е от 1 до 6, като дължината на интервала между поместените една в друга тръби е $3.4 \text{ \AA}$. Най-дясната БННТ е запълнена с линейна верига от сферични молекули въглерод-60, представляваща елементарен силициев кристал.

За щастие, тези геометрични вариации са по-малко съществени за електронните свойства на БННТ, отколкото при ВНТ: всички БННТ в първите шест панела на Фигура 1с имат подобна полупроводникова електронна структура. От друга страна,

уточняването на броя на стените по време на синтеза все още представлява предимство при фундаменталните изследвания, които изучават, например, вибрационните взаимодействия между тръбите, аксиалната и радиална топлопроводност, електронната проводимост и излъчването на полето, поляризацията и магнитните състояния. Фината настройка на условията на синтез оказва влияние върху геометрията на тръбата; например, образуването на дъга между проводящите борни пръти, легирани с преходен метал в азот съдържаща атмосфера, води до образуването предимно на БННТ с малък брой на стените, често с преференциален хирален индекс.^{7,8}

За производството на БННТ са използвани много методи, включващи лазерно изпарение; химическо отлагане на пари, базиращо се на по-студени, по-лесни за контролиране плазми; „темплейт конверсия“ на въглерод съдържащи нанотръби, в които атомите на В и N заместват рамката на С атом по атом; плазмено разпръскване, при което суровините, които евентуално образуват БННТ, се разпръскват през горещия йонизиран газ; и дори грубо смилане на топки и анелиране на BN прахове.⁸ От значение е, че h-BN не е непременно прекурсор за успешното производство на БННТ. Практически всеки материал, съдържащ бор, включително чист бор, може да бъде накаран да реагира по подходящ начин с леснодостъпен източник на азот, като газ N₂ или амоняк, за израстване на БННТ. Един особено ефективен наскоро създаден метод за производство фокусира лазерни лъчи с киловатна мощност върху бор съдържаща суровина в атмосфера на азот с високо налягане.⁹ Развитието на този и други методи на синтез с висок добив води до получаването на по-големи количества проби и бързо променя пейзажа на научните изследвания на БННТ.

Теория на БННТ и предсказване на свойствата им.

Въпреки че ограниченият достъп до БННТ материали затрудняваше експерименталните проучвания в миналото, теоретичните изследвания бяха относително активни. Приближението на силно свързани електрони, методи основани на пресмятане на пълната енергия и използващи псевдопотенциали в рамките на приближението на локалната плътност, и квазичастични обобщения на теорията на функционала на плътността са използвани за изследване и предсказване на структурните и електронните свойства на БННТ. По-нататъшните теоретични изчисления предсказват, че йонната природа на връзката BN би довела до деформиране (издуване) на повърхността на тръбата, като атомите на N образуват малко по-широк цилиндър от атомите на В.

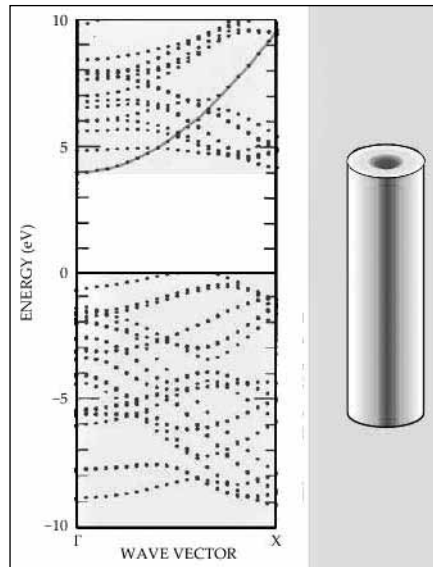
Тази асиметрия може да бъде причина за черупковото подреждане в структурата на многостенни БННТ. Както бе посочено по-рано, атомите на N и В в h-BN предпочитат да се подреждат директно един над друг в съседни листове. И наистина, микроскопски и дифракционни изследвания с висока резолюция показват, че между черупките на БННТ съществуват силни корелации, като всяка вътрешна черупка се съгласува с външните по хиралност.⁸ (Във ВНТ, обратно, между черупките съществуват малко структурни корелации и хиралностите на черупките, поместени в многостенна ВНТ, обикновено са случайни).

Някои методи на синтез на БННТ също изглежда благоприятстват производството на така наречените черупки от тип зиг-заг, докато други благоприятстват черупки от тип кресло (виж Фигура 1a). Това означава, че понастоящем изследователите имат възможност да модифицират изкусно рецептата на синтез за избор на особени хиралности при изготвянето на партида от БННТ. При израстването на двустенни тръби с използването, например, на дъгова плазма, вътрешната черупка, която се образува първа, е със склонност към тип зиг-заг.

Структурните корелации между поместените една в друга черупки изглежда са важни за механичните свойства и свойствата на топлопренос и от тях зависи това колко лесно тръбите могат да свързват други молекули, т. нар. функционални групи. Освен това, БННТ могат да бъдат по-устойчиви на структурни дефекти. В случая на структури на основата на С, пентагоналните и хептагоналните дефекти преобладават; те са, в края на краищата, в центъра на икосаедралната симетрия в затворени фулерени. В BN планарни структури, аналогични дефекти биха изисквали В-В или N-N връзка, всяка от които е по-малко благоприятна от В-N връзката. Бихме могли дори да спорим, че при дадена подходяща суровина и типични условия на синтез вероятността БННТ да спрат нарастването, поради затваряне, е по-малка от тази за ВНТ. Повечето първични многостенни БННТ при наблюдение с трансмисионен електронен микроскоп изглеждат отворени. Дефектите с най-ниска енергия в БННТ са пръстени с четен брой, например квадрати или осмоъгълници.

Полярната природа на BN-връзката също е довела до теоретическото предсказание, че за разлика от ВНТ, БННТ логично биха били полупроводници, независимо от различните им диаметри и хиралност.¹⁰ Следователно изследователите не се сблъскват с проблема, срещан в партида от ВНТ – разделяне на металните нанотръби от полупроводниковите такива; при ВНТ и двата вида могат да се формират, в зависимост от това как се завиват. Съгласно изчисленията, забранената зона на БННТ е близка до 5 eV, което прави материала релевантен за широк диапазон оптически изследвания. На Фигура 2 е показана графика на структурата на зоната. Методът използващ приближението на локална та плътност дава по-ниска стойност на забранената зона на БННТ, както го прави и за други полупроводници и изолатори, но методите, внасящи корекции за многочастично взаимодействия, дават надеждни резултати.

Допирането на БННТ с примеси, в стената на тръбата или чрез функционализиране – химическо модифициране на нанотръбите така, че към тях да могат да се свързват външни молекули – може да промени значително електронните свойства, точно като за обичайните полупроводници. Но БННТ показват някои интересни чудатости, които ги различават от традиционните материали. Едно необичайно свойство е това, че плътността на заряда, свързана с най-ниската зона на проводимост на БННТ, е физически концентрирана във вътрешността на тръбата. Ако е допиран с електрони, зарядът остава вътре в тръбата, а не върху нея, с плътност на заряда максимум около 2 Å вътре в тръбата. Следователно, допираните нанотръби имат склонността да действат



Фигура 2. Изчислената структура на електронната зона на борнитридна нанотръба (БННТ) показва забранена зона от около 5 eV между най-високата запълнена валентна зона и най-ниската празна проводяща зона. Тази забранена зона е относително независима от диаметъра и хиралността на тръбата, което означава, че електроните свойства на всичките БННТ са подобни и притежават поведение на полупроводници с широка забранена зона. Най-ниската зона на проводимост (в червено) показва параболична дисперсия и поради това е подобна на такава със свободни електрони. Забележителното е, че носителите на заряд, въведени в тази най-ниска зона на проводимост, чрез допиране или директна инжекция, се намират не върху тръбата, а вътре в нея, концентрирани в кухия център по дължината на оста на БННТ, както е показано на илюстрацията вдясно. (Адаптирано от [1] и [10]).

като тръбопроводи, напълнени с виртуално свободни електронни, както е показано схематично на Фигура 2.

Възможно е и зарядите, инжектирани в краищата на недопирана или леко допирана БННТ, да заемат това специално състояние с най-ниска проводимост, водейки до висока неомична електронна проводимост. Всъщност, волт-амперните характеристики на леко допирани индивидуални БННТ показват, че при приложено прагово напрежение от около 10 V, проводимостта рязко нараства.¹¹

Освен това, слабо допираните БННТ са отлични източници на автоелектронна емисия, с напрежения на задействане на емисията сравними с тези на ВНТ. За разлика от ВНТ източниците на автоелектронна емисия, обаче, БННТ източниците на автоелектронна емисия показват токове, които са изключително стабилни и следват отблизо това, което наричаме Закон на Фаулър-Нордхейм за тунелния ефект. Устойчивите източници на автоелектронна емисия са критични към различни микроскопии с висока разделителна способност, генерация на х-лъчи и технологиите за маломощни дисплеи.

Управление на забранената зона

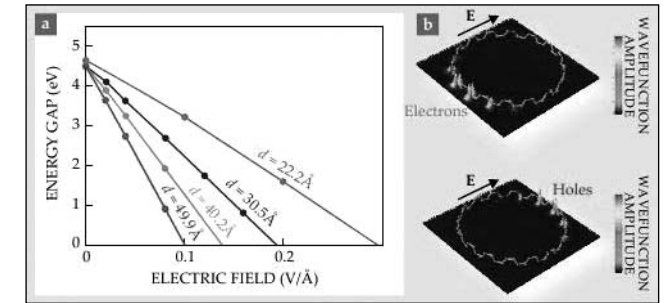
Друго интересно теоретическо предсказание е, че забранената зона на БННТ, благодарение на ниската размерност на нанотръбите и цилиндричната геометрия, могат да се манипулира външно и обратимо след като материалът вече е произведен. Поради това, че зоната на проводимост и валентната зона имат израждане в краищата на зоните, и поради това, че съществува слабо екраниране на свободни заряди, забранената зона между посочените зони е особено чувствителна към напречно приложено електрическо поле. Теорията предсказва, че забранената зона може да бъде намалена и, при положение, че приложеното поле е достатъчно силно, дори елиминирана,¹² както е показано на Фигура

3. Този гигантски ефект на Щарк е аналогичен на конвенционалния ефект на Щарк, наблюдаван за атомни орбитали.

Смесването на електронни състояния в БННТ в напречно електрическо поле се засилва поради разцепването на електронните зони, индуцирано от полето. Намаленото екраниране, поради изолиращото поведение, позволява на полето да зададе значителна разлика в електрическия потенциал между противоположните страни на тръбата. И състоянията с подобни вълнови функции, които биха били изродени в противоположните страни на дадена тръба в отсъствие на поле, се разцепват. Като следствие електроните и дупките се натрупват на противоположните страни на БННТ.

Изследователите са потвърждават гигантския ефект на Щарк, използвайки върха на сканиращ тунелен микроскоп (СТМ) за създаване на силно локално електрическо поле върху дадена БННТ.¹³ Локалната забранена зона, модифицирана от полето, се определя чрез СТМ спектроскопия. Следователно, не само че електронната структура на БННТ може да се променя чрез допиране, но теоретическите и, в по-малка степен, експериментални изследвания подсказват, че забранената зона може да се променя непрекъснато от поведение на почти изолатор до такова на ефективен метал. Подобен ефект възниква и във ВНТ, но не е така изразен като в БННТ.

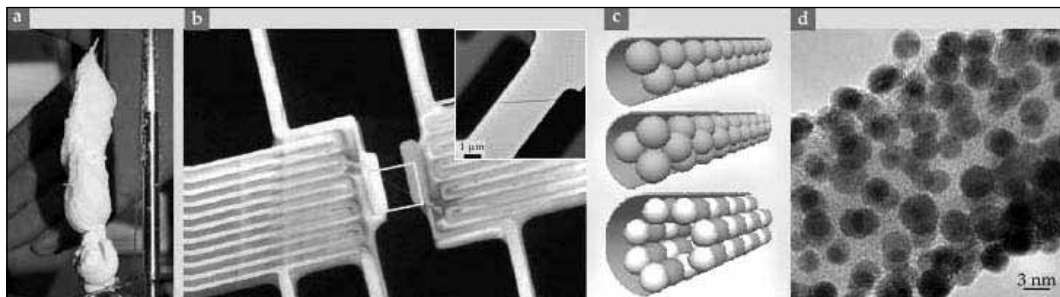
Друго проявление на по-малката размерност и затварянето на електроните в нанотръбите (както ВНТ, така и БННТ) се наблюдава в оптичните свойства на материалите, които показват необичайни екситонни ефекти. В металните ВНТ екситоните, които са двойки от електрони и дупки, свързани в резултат от тяхното взаимно кулоново привличане, не биха могли да съществуват: един свободен електронен би рекомбинирал със своята дупка почти незабавно след формирането на екситона. А те съществуват, с енергия на свързване, която е по-висока от тази на екситоните в повечето обемни полупроводници.¹⁴ Изследователите едва сега започват изучаването на оптичните свойства на БННТ. Свойствата изглеждат са подобни на тези за ВНТ, но с по-богат спектър поради намаленото екраниране на електрони на БННТ.



Фигура 3. Електрическо поле, приложено напречно на оста на борнитридната нанотръба, сваля някои изражданията в зоната структура на материала. При нарастването на полето забранената зона постепенно се стеснява; това качество може да се използва за управление на поведението на електроните. (a) Изчисленията показват, че нанотръбите с по-широк диаметър d са по-чувствителни към ефекта и при достатъчно високо поле зоните на проводимост и валентната зона се сливат, което превръща нанотръбите в метали. (b) При напречно поле от $E = 0.1 \text{ V/Å}$ електроните се концентрират от едната страна на нанотръбата (отгоре), докато дупките се натрупват от другата (отдолу). (Адаптирано от [12]).

Приложения и спекулации

Борнитридните нанотръби предоставят многостранна платформа за нови физически явления и приложения. Фигура 4 показва само някои от различните контексти, в които БННТ се изучават. БННТ могат да се изтеглят в нишки от бяла прежда и оцветяеми тъкани.

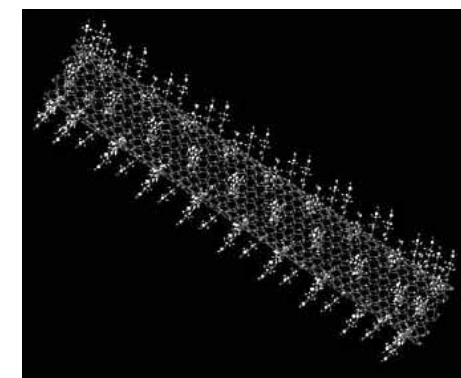


Фигура 4. Галерия от нанотръби. Борнитридните нанотръби (БННТ) намират приложение в широк диапазон случаи. **(а)** Те могат да бъдат навити върху бели, оцветяеми влакна и свръхздрави композити. (Адаптирано от [9]). **(б)** Те могат да се използват заради високата им топлопроводимост, свойство, измерено за единични БННТ, както е показано на това изображение от електронен микроскоп на нанотръба, съединяваща двата края на микромеханичен източник на топлина; контрастът на изображението и ориентацията във вложената фигура е обрнат за яснота. (Адаптирано от [18]) **(с)** В нанотръбите могат да се поместят молекули, както бобчета в шушулка. Тези напълнени нанотръби, познати като силоркристиали, могат да се синтезират в разнообразни екзотични форми, потенциално полезни за квантово пресмятане, автоелектронна емисия или приложения, които изискват специфично синтезирани оптически свойства. **(д)** Алтернативно, молекули могат да се прикрепят и отвън на тръбата, за приложения, например, при катализа, химическо филтриране или съхранение на газове. Изображението от електронен микроскоп показва клъстери от злато върху БННТ

Забранена зона, която се настройва с поле, има очевидни приложения за оптически и електронни прибори. Голямата площ на повърхността на материала и способността му да се свързва с водородни и други молекули, би могла да послужи при устройства предназначени за чисто и ефикасно съхранение на горива. Високата твърдост и якост на опън на материала, наред с богатата му химия на функционалност (на Фигура 5 е илюстриран такъв пример), биха могли да се използват в структурни композити и енергопоглъщащи защитни устройства. БННТ притежават и пиезоелектрични свойства.

БННТ нямат равни на себе си, когато се отнася до високотемпературната устойчивост на окисление. Тяхната способност да се свързват с други нанокристали подсказва и че БННТ могат да се използват като катализатори в опасни среди, системи за пречистване на води, плазмонни устройства и фотоволтаици. Поради голямото напречно сечение на неутронно поглъщане, дължащото се на наличието на бор, композитите на базата на БННТ, закалени с радиация, могат да бъдат жизненоважни материали за

Фигура 5. Нано велкро. Повърхността на борнитридните нанотръби (БННТ) може да се модифицира химично така, че да приеме редица молекулни свързватели, включително тези, които улесняват свързването към избрани нанокристали или биоматериали. Такива модификации предоставят интригуващи системи, чиито оптически свойства и свойства на електронен пренос и химическа реактивност могат да бъдат синтезирани. В илюстрацията късверижни алкани с краен серен атом са свързани към БННТ. (Изображението е любезно предоставено от Тоби Сейнсбъри.)



самолетостроенето и при космическите изследвания. Те дори са били предложени за неутронно лекуване на рака, при което раковите клетки с инжектирани в тях БННТ се нагряват преференциално чрез неутронно поглъщане на 10В.

Важно свойство за наноматериалите, независимо от вида им, е биосъвместимостта. Изследванията на първите наноматериали са били фокусирани най-вече върху ефектите на наличие на игловидни структури, пробждащи клетки и органи. Ефектите са комплексни и зависят от размера. Неотдавна, при по-сложни експерименти е изследвано взаимодействието на наноматериали с биосистеми, и някои въглеродни наноматериали, включително ВНТ и е показано, че могат да увреждат живи клетки. При подобни условия БННТ изглежда не предизвикват такива неблагоприятни ефекти.¹⁵

БННТ могат и да се функционализират с биологически епитопи – части от антиген, които подпомагат свързването на протеина и на клетките – още, БННТ са използвани без видима токсичност за доставяне на ДНК олигомери към вътрешността на клетките.¹⁵ Много високата топлопроводност на БННТ при липса на електропроводимост, подсказва че е възможно термично управление на много системи.

Подреждане на атомите

Нова физика често възниква от нови материали, образувани от уникални съчетания от елементи – примерите включват оксидни свръхпроводници, квазикристали, системи с гигантско магнитно съпротивление и топологични изолатори – или от външни ограничения, като силно магнитно поле или високо налягане, приложени към относително инертни материали. Един тип условие, изследвано едва напоследък, е това на наномасштабното цилиндрично съединение. Когато диаметърът на нанотръбите е малък, линейна верига от молекули на C_{60} може да се вмъкне в тях, създавайки силоркристиали, както е показано на Фигура 1с. Силоркристиалите са открити за първи път във ВНТ преди повече от десет години¹⁶ и пет години по-късно в БННТ.¹⁷

Молекулите се организират в линия в тръбите не поради междумолекулните сили, а затова, че тесният цилиндър съответства точно на техния диаметър. Когато същите молекули се пакетират в цилиндри с по-голям диаметър, се появяват нови структури, скицирани на Фигура 4с. Сложните подреждания на молекули могат да бъдат забе-

лежителни в геометрично отношение, като притежават кухи сърцевини и хиралност. Това, което е важно, е че структурите могат да бъдат глобално свободни от дефекти и квазикристални – локално добре подредени, но без трансляционна подредба в големи разстояния. Очаква се малкоразмерните силикокристали да притежават уникални механични, оптически, електронни и магнитни свойства и да показват поразителна динамика на взаимодействие между капсулираните молекули.

БННТ са идеалната среда за C_{60} силикокристали поради това, че взаимодействат слабо с молекулите и голямата електронна забранена зона на БННТ позволява на изследователите да изучат силикокристала оптически. Освен това, поради това, че БННТ черупките сами по себе си са електрически изолатори, електрическият заряд се пренася посредством силикокристала. Такива системи едва сега започват да се изследват теоретически и експериментално, но научните перспективи изглеждат широки, особено поради това, че на много различни материали лесно се капсулират в БННТ.⁸

Относително свободната от дефекти природа на БННТ осигурява поле на редица механични и атомно вибрационни изследвания. Наистина, аксиалният модул на Юнг, измерен при 1.2 ТПа, е най-високият сред тези на което и да е от изолационните влакна.

Изотопните замествания са изиграли ключова роля в някои от най-важните проблеми на физиката на кондензираната материя, включително в теорията на свръхпроводимостта. Тъй като фононите допринасят за термичните свойства на твърдите тела, топлопроводността k_T на твърдите тела често може да бъде повлияно от изотопното съдържание. Повишаване на k_T чрез изотопно обогатяване от 10-30% при стайна температура е постигнато в силиций и германий, и до 35% в диамант.

Дори без изотопно обогатяване БННТ представляват отлични проводници на топлина и показват забележително най-голямото повишение на k_T чрез изотопно заместване сравнено с кой и да е друг материал. Изотопното съдържание на бор в БННТ, израснати от естествени материали, е 19.9 % ^{10}B и 80.1 % ^{11}B . За БННТ, обогатени до 99.56 % ^{11}B , k_T при стайна температура се повишава с 50 %.¹⁸ Източникът на този драстичен фактор на изотопно подобрене вероятно се корени отвъд обичайния механизъм на фонон-примеси разсейване. Едномерната структура на БННТ следва да повишава фактора на подобрене чрез подобряване на фооновата локализация и допълнителни явления на разсейване, които леките атоми благоприятстват.

И накрая, няколко коментара свързани с планарната форма на sp^2 -свързан BN в единични или няколкостройни листове. Текущото оживление в изследванията на графен и връзката му с BNТ повдига въпроса дали подобно оживление ще се наблюдава и при изследването на връзките между БННТ и h-BN листове. Вероятно е сигурно да се предскаже, че това ще се случи. Също е в вероятно, и че ако се изготвят ленти от BN, техните физически свойства да бъдат още по-разнообразни от предсказаните за графена. Не само че е възможно да съществуват структури с възпроизводими краища тип кресло и зигзаг, но двуелементната природа на краищата ще оказва силно влияние върху електронните и магнитните свойства на структурите.

Както се опитахме да подчертаем в настоящия статия, БННТ предлагат, сами по

себе си, толкова много потенциал – независимо от работата по BN листа – че основните и приложни изследвания, фокусирани върху физиката и химията им, вероятно ще продължат да бъдат източник на въодушевление и ще се превърнат в широкообхватно начинание.

Авторите изказват благодарност за подкрепата на Департамента по енергетика на САЩ, Office of Basic Energy Sciences (Офис по фундаментални науки в енергетиката), по договор DEAC02-05CH11231, и на NSF по грантове DMR07-05941 (MLC) и EEC-0832819 (AZ).

Превод: Е. Кръстева

Източник: The physics of boron nitride nanotubes, Physics Today, November 2010, 34-38

Цитирана литература

1. A. Rubio, J. Corkill, M. L. Cohen, *Phys. Rev. B* **49**, 5081 (1994).
2. N. G. Chopra et al., *Science* **269**, 966 (1995).
3. H. W. Kroto et al., *Nature* **318**, 162 (1985).
4. S. Iijima, *Nature* **354**, 56 (1991).
5. R. Tenne et al., *Nature* **360**, 444 (1992).
6. Y. Miyamoto et al., *Phys. Rev. B* **50**, 4976 (1994).
7. A. Loiseau et al., *Phys. Rev. Lett.* **76**, 4737 (1996).
8. D. Goldberg et al., *Adv. Mater.* **19**, 2413 (2007), и цитираната литература там.
9. M. W. Smith et al., *Nanotechnology* **20**, 505604 (2009).
10. X. Blase et al., *Europhys. Lett.* **28**, 335 (1994).
11. J. Cummings, A. Zettl, *Solid State Commun.* **129**, 661 (2004).
12. K. H. Khoo, M. S. C. Mazzoni, S. G. Louie, *Phys. Rev. B* **69**, 201401 (2004).
13. M. Ishigami et al., *Phys. Rev. Lett.* **94**, 056804 (2005).
14. F. Wanf et al., *Phys. Rev. Lett.* **99**, 227401 (2007).
15. X. Chen et al., *J. Am. Chem. Soc.* **131**, 890 (2009).
16. B. W. Smith, M. Monthieux, D. E. Luzzi, *Nature* **396**, 323 (1998).
17. W. Mickelson et al., *Science* **300**, 467 (2003).
18. C. W. Chang et al., *Phys. Rev. Lett.* **97**, 085901 (2006).

ФИЗИКА С ДОПЪЛНИТЕЛНИ ПРОСТРАНСТВЕНИ ИЗМЕРЕНИЯ

М. В. Савина, С. В. Шматов

Основната задача на физиката на частиците в това направление е свързана с разширяването и продължаването в нова област на енергии нашите познания за фундаменталните принципи на Природата – свойствата на материята и свързващите сили, както и свойствата на пространство-времето, където “живее” и еволюира нашата Вселена. Понастоящем съществува общоприета теоретична основа за описване на всички процеси във физиката на елементарните частици. Идеологичната платформа за описване на взаимодействията представлява *квантовата теория на полето*, предсказваща поведението на елементарните частици и техните свойства, закономерностите на техните раждания и унищожения. През цялата втора половина на XX век в рамките на квантово-полевия подход бе създавана теория, описваща електромагнитните, силните и слабите взаимодействия. Постепенният напредък в разбирането на микроскопичното устройство на света, на поведението на различните видове взаимодействия на малки разстояния и изчисляването на основните закономерности продължи в продължение на близо 30 години. Това доведе до известно сближаване на някои от видовете взаимодействия и впоследствие до тяхното обединяване в рамките на единното им описание. През 70-те години на миналия век беше предложен общ модел за слабите и електромагнитните взаимодействия – обединената електрослаба теория. Паралелно с това се уточняваше и структурата на силното взаимодействие. В края на краищата всички тези усилия доведоха до създаването на *Стандартния модел* (СМ) на взаимодействие на елементарните частици, описващ три от четирите известни фундаментални взаимодействия: електромагнитните, слабите и силните от единна гледна точка, при използването на единен формализъм, методи за пресмятания и начини за получаване на предсказания на квантовата теория на полето. Четвъртото взаимодействие – гравитационното – Стандартният модел не включва.

Стандартният модел е бил нееднократно проверяван и потвърждаван със забележителна точност в множество експерименти, чак до максималните енергии, достъпни за съвременните ускорители. Бил е подлаган на проверка и в неускорителни (пасивни) експерименти. До днешен ден не е отбелязано нито едно отклонение от предсказанията на СМ, въпреки че за редица много специфични процеси се появяват някои нови указания за подобни отклонения. Но тези указания трябва да се интерпретират с голямо внимание, имайки предвид, че те са получени на границата на чувствителност на действащите експерименти. Подобряването на точността на сега действащите експерименти и пускането в действие на нови, подобни на CMS или LHC, трябва да подпомогнат за достигане на яснота в това направление.

Заедно с това, независимо от многото теоретични достойнства, мощната пред-

сказвателна сила и прецизните експериментални проверки, СМ притежава и редица недостатъци и нерешени проблеми, които не ни позволяват да я считаме за окончателен вариант на теорията. Първо, при нейното описание са необходими голям брой свободни параметри (а именно 19), които не могат да бъдат фиксирани в рамките на самия СМ. Второ, СМ определено не може да бъде верен за целия диапазон на енергии на взаимодействия, достигащи до безкрайно големи стойности. Това е свързано с наличието на безкрайно големи поправки към масата на Хигс-бозона и изискването за определено пренастройване на теорията, за да бъдат съкратени тези поправки. Трето, както вече споменахме, СМ не включва гравитацията – четвъртото от известните фундаментални взаимодействия. Въпреки че това не е проблем на СМ, защото тя се отнася до квантовите теории на полето, в рамките на която СМ е частна конструкция. Създава се впечатление, че за обединяване на гравитацията с останалите три взаимодействия е необходимо преди това да се “изравни” статусът на гравитацията с тях, т.е. да се построи квантова теория на гравитацията, както бяха построени квантова теория на силните и на електрослабите взаимодействия. Обаче, поради ред причини, чието обяснение е доста сложно и би ни отвело много настрана от основната тема, до днес никой не е успял в това. Завършена квантова теория на гравитацията и до днес не съществува, въпреки многото усилия и идеи в тази посока.

За проблемите, свързани с точка първа, вече беше казано в началото на разказа ни и ние ще се спрем на втория проблем, който още се нарича и проблем на йерархията. Това е всъщност концептуален недостатък на СМ като теоретична конструкция и основна причина за необходимостта от излизане извън рамките на СМ и разглеждането на по-общи модели. Всички нови теории, предлагащи такъв изход, включително и суперсиметрията и моделите с допълнителни измерения, бяха стимулирани именно от търсенето на решение на проблема за йерархията.

Същността на проблема се състои в това, че в СМ съществуват два извънредно силно различаващи се по големина енергетични мащаби. Първият е характерната енергия в теорията на електрослабите взаимодействия – M_{EW} , която е от порядъка на 200 GeV и характеризира големината на нарушаване на обединената електрослаба симетрия. Т. е., това е енергията, под която единното електрослабо взаимодействие се разцепва на две нискоенергетични взаимодействия – слабо и електромагнитно. Този мащаб фиксира “физически” (наблюдавано в експеримента) стойност на масата на хигсовския бозон, скаларна частица, отговорна в СМ за нарушаване на електрослабата симетрия. В съответствие с правилата на квантовата теория на полето физическото значение на масата се получава като наслагане от сумата на някаква “пробна” стойност и приносите, получени от взаимодействието на тази частица с всички останали частици в теорията. Тези приноси се наричат квантови поправки. За частиците от СМ съществува изискване тези поправки да бъдат отчитани и последователна процедура за това. Проблемът се свежда до това, че именно за хигсовския бозон тази процедура не работи. Поправките към масата на тази частица се получават огромни. Ако се приеме, че СМ не е ограничен от горе по енергии (т.е. може да достигне до безкрайни

стойности на енергията), тогава поправките ще бъдат безкрайно големи, което е много лошо. Ако изкуствено се ограничи СМ отгоре с някаква много голяма, но все пак крайна стойност, от поправките можем да се избавим чрез тяхната настройка. Именно от тук се появява вторият енергетичен мащаб, характеризиращ горната граница на приложимост на СМ. Споменатата по-горе процедура на настройка се заключава в това, да се *подберат на ръка*, в съответствие с избраната стойност на горната граница на приемливост, пробната стойност на масата на хигс и той да има много голяма отрицателна или положителна стойност. Освен това тя трябва да бъде избрана много близко до стойността на сумарната квантова поправка, но не точно равна на нея. Тогава противоположните по знак огромни приноси взаимно се съкращават, оставяйки малък остатък. Този остатък ще дава и малката маса на хигса.

Съществуват различни варианти за избор на горната граница. Най-логичният (макар и не единственият) отново използва понятия от квантовата гравитация, каквато като теория все още не съществува, но са много необходими за построяването на завършена картина на обединените взаимодействия. Този избор е свързан с идеята, че при някаква стойност на енергията най-после трябва да се отчита и приносът от гравитационните взаимодействия (т.е. ефектите на квантовата гравитация, които стават от порядъка на приносите на другите квантови полета). Конкретната стойност на енергията, при която, както се предполага, става това, се оценява на стойности от порядъка на 10^{19} GeV (т.нар. маса на Планк M_{Pl}). Счита се, че под тази стойност на енергия гравитационните взаимодействия са много слаби, и за тях е приложимо стандартното описание на квантовата теория на полето, въз основа на която се строи СМ. По-горе от тази стойност трябва да работи такава теория, която включва квантовата гравитация.

В такъв случай се получава крайно малка стойност за отношението на двата мащаба: $M_{EW}/M_{Pl} \sim 10^2/10^{19} \sim 10^{-17}$. Както виждаме, нашата йерархия, заедно с изразите за квантови поправки на масата на хигсовския бозон, трябва да бъде построена със съвършено удивителна точност. В противен случай поправката към масата ще направи хигсовския бозон свръхтежък (ще “придърпа” стойността на масата към планковския мащаб). А заедно с масата на хигс ще потеглят нагоре и всички стойности на масите на частиците и в теорията няма да останат леки частици. Този проблем получи във физиката названието *проблема за йерархията на мащабите* (или проблема за настрояването на йерархиите). Трябва да се намери механизъм, отговарящ за подобна настройка. Разбира се, може да се приеме, че масата на хигса се удържа на малка стойност “случайно”, отношението на мащабите се получава по някакъв загадъчен начин и изчерпващо обяснение за това няма. Обаче, тази мисъл е философски неприемлива, и би ни се искало по-естествено възникване на това отношение.

Необходимостта от решение на този проблем ни потиква твърдо извън рамките на СМ, тоест води към необходимостта за построяване на по-обща теория. Съществуват два пътя за решаване на проблема за йерархиите, които изглеждат повече или по-малко естествени. Първият път е отчитането на нови симетрии, които да позволят точното компенсиране на големите приноси от квантовите поправки, тоест да удържат йерар-

хията на мащабите от разрушение, запазвайки огромната стойност на горния предел (от порядъка на планковската константа). В това отношение работи суперсиметрията, която дава суперпартньори за всички частици на СМ. В съответствие с правилата на квантовата теория частиците и техните суперпартньори дават точно еднакви по големина, но с противоположни знаци приноси в квантовите поправки, което води до тяхното взаимно унищожение.

Вторият път се свежда до понижаване на стойността на горната граница, намаляването значително под планковските енергии, приближавайки до M_{EW} . В тази насока бяха предприети множество опити. Моделите с допълнителни пространствени измерения (т.нар. многомерни модели), които се разглеждат в този обзор, следват тази теоретична тенденция. Както ще видим, в контекста на йерархията на мащабите многомерните модели дават особено елегантни и естествени решения на този проблем.

Хипотезата на Калуца-Клайн: модели с допълнителни измерения

Исторически първите опити за разглеждане на многомерни теории на полето вместо интуитивно разумно изглеждащите четири мерни (четиримерен пространствено-времеви континуум – три пространствени и една времева координата) са предприети доста отдавна – в началото на 20-те години на миналия век. И те са свързани с желанието да се получи единно описание за двете известни по това време взаимодействия – гравитационното и електромагнитното. Построяването на единна теория на двете полета (тогава още нищо не е било известно за слабото и силно взаимодействия) и по такъв начин да се получи единна картина на света е било заветна мечта на Айнщайн до края на живота му. Обаче ключовата идея за осъществяването на такава мечта полага не той, а съвсем друг човек – полският физик Теодор Калуца, през 1921 г. А развива и допълва тази идея, както и пресмята експерименталните следствия от нея, Феликс Клайн през 1924 г.

Идеята се свежда до революционното предположение, че пространство-времето всъщност не е четиримерно (три пространствени и една времева), а съществува и четвърто – *допълнително пространствено измерение*. Времевата координата както и преди е една (както ще бъде до края по-нататък в текста). По такъв начин пълното пространство-време става петмерно. За да не влезе такъв подход в противоречие с реално наблюдаваната картина, предлага се допълнителната координата да се счита за *свита*



Теодор Калуца (1885-1954)



Феликс Клайн (1849-1925)

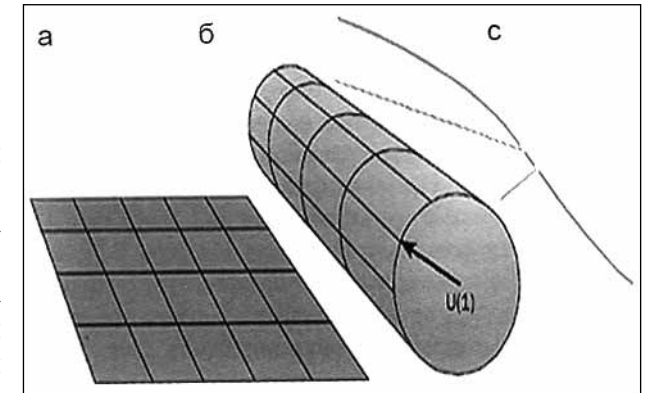
(физиците наричат този процес *компактификация*) до окръжност с някакъв много малък радиус, така че от микроскопична гледна точка се възстановява обикновената четиримерна картина. В частност, на големи разстояния се възпроизвежда законът на Нютон за обратната пропорционалност на гравитационните сили от квадрата на разстоянието между гравитиращите тела. Под “големи” тук трябва да се разбират такива разстояния или енергии, на които вече не се забелязва пълната многомерна структура на пространството. Тук е уместно да напомним, че енергията на взаимодействие е обратно пропорционална на разстоянието между взаимодействащите частици, така че навсякъде, където присъства разсъждение за много високи енергии, те винаги могат да бъдат заменени на напълно еквивалентните им за много малки разстояния. Когато става дума за мащабите на нарушение на някаква симетрия, обикновено това са енергетични мащаби от порядъка на GeV, TeV и т. н. Обаче в контекста на допълнителните измерения по-привично и интуитивно по-разбираемо е да се използват единици за разстояния в метри и сантиметри. При това винаги на ум трябва да имаме, че реципрочните разстояния (радиус на минус първа степен) и енергиите се измерват в едни и същи единици. След тези уточнения можем да се върнем към допълнителните измерения и оригиналната Калуца-Клайн идея.

Оказва се, че при записа петмерните уравнения на теорията на гравитацията след компактификацията на четвъртото измерение се получава системата от четиримерни уравнения на Айнщайн за гравитацията и четиримерните уравнения на Максвел за електромагнетизма. Тоест, чистата петмерна гравитация дава двете изконни четиримерни теории в правилен вид. Калибровъчната симетрия на електромагнетизма е реализирана геометрически като симетрия на въртене около компактното пето измерение. Тоест, вътрешната симетрия се получава като пространствена при въвеждането на допълнителна пространствена координата.

За да си представим нагледно концепцията на компактификация на допълнителните измерения, тяхната “видимост” или “невидимост”, в зависимост от характерния енергетичен мащаб (характерното разстояние), ще разгледаме примера на двумерен обект в тримерно пространство. Това ще бъде аналог на по-малка размерност за тримерен обект в многомерно пространство. Тънък лист хартия е двумерен обект, поместен в тримерно пространство – “срез” на тримерно пространство с фиксирана стойност на третата координата (която се отчита като разстояние в направление, перпендикулярно на листа). Нулата в третата координата съответства на местоположението на листа, безкрайността – безкрайно отдалеченият лист нагоре или надолу на фиг. 1 а. Положението на точките върху повърхността на този лист се описва от две променящи се координати и от трета – фиксирана, еднаква за всички точки на листа. Сега нека да свием този лист на тръба (фиг. 1 б). Повърхността на тръбата както и преди се описва от две координати, и този случай се отличава от предишният по това, че една от координатите се оказва периодична. Двумерното пространство – свито по тази координата, плоскостта е преминала в цилиндър.

Например, на фиг. 1 а са нанесени линиите на координатната мрежа по посока

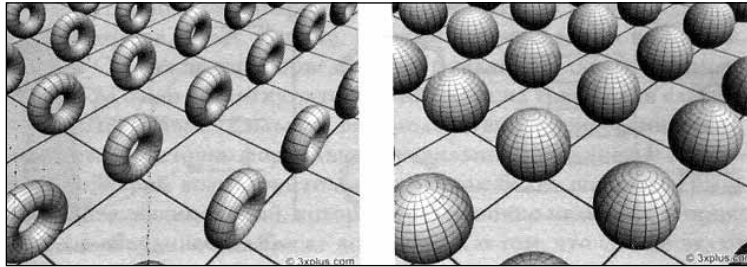
дясно-ляво в плоскостта на фигурата – първата координата 1 и по посока напред-назад (спрямо читателя) – втората координата. Върху плоскостта и двете координати се изменят от нула до безкрайност. За цилиндъра втората координата както и преди се мени от нула до безкрайност, но първата (насочена дясно-ляво) сега може да се мени само на 2π . Цилиндърът, както и преди е безкраен само в направлението на своята дължина, а



Фиг. 1

“напречно” нашият двумерен обект е станал компактен. Нещо повече, в резултат на компактификацията се образува нова симетрия – симетрия на въртене по окръжност (казано на математичен език – всички възможни въртения по окръжност се обединяват в *групата на въртения*, наричана $U(1)$). Всяка пространствена симетрия, в която “живеят” физическите теории, винаги се отразява и на феноменологията на тази теория, и затова наблюдаваните явления, описвани върху плоскост и върху компактифициран цилиндър, не са еднакви.

Сега да се върнем към “тримерната” гледна точка и разгледаме цилиндъра от третото измерение – “отстрани”. Докато се намираме достатъчно близо до него, така че разстоянието, измерено в перпендикулярна посока на третата координата, не е много по-голямо от дебелината на цилиндъра, ще видим, че това е именно цилиндър, или компактно пространство с по-малка размерност, характеризиращо се с ненулев радиус на компактификация на едната координата. Обаче, достатъчно е да се отдалечим, на разстояние, много по-голямо от радиуса, и ние вече няма да можем да различим истинната структура на пространството, няма да “виждаме” присъствието на още една координата. Колкото повече се отдалечаваме в перпендикуляра посока, толкова повече цилиндърът изглежда като *едномерна линия*. От големи разстояния структурата на обекта (неговата двумерност, радиус и конкретната му стойност) вече се губят. Аналогично, структурата на физичната теория, “живееща” в това пространство, започвайки от някакво разстояние, не отразява факта на двумерността. За големи разстояния тя изглежда като написана за едномерен обект. Тези разсъждения са основни за многомерните теории. Винаги съществува някакъв характерен мащаб, някакво разстояние, на по-малко от което се вижда структурата на многомерната теория, а на по-големи теорията изглежда тримерна. При правилно построяване на многомерната теория при граничен преход към големи разстояния теорията става, както казват физиците, *ефективно* тримерна. Думата “ефективно” означава, че теорията в действителност е многомерна, тя просто *изглежда* като тримерна под определен ъгъл на зрение (при определена граница).



Фиг. 2

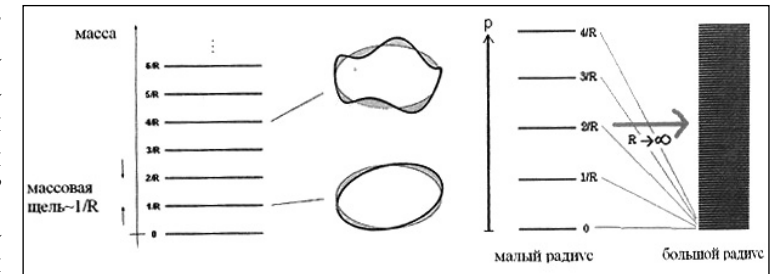
За две или повече допълнителни измерения са възможни различни геометрии на пространството на допълнителните координати и пълното многомерно пространство. Пространството на допълнителните координати може да бъде плоско или с кривина. На фиг. 2 са показани две разпространени варианта на компактификация.

На фиг. 2 (ляво) е показано плоско двумерно многообразие с допълнителна координата – двумерен тор; на фиг. 2 (дясно) е показано двумерно пространство с кривина – и сфера като допълнителна координата. За случая на по-голям брой допълнителни координати съществуват огромен брой възможности, включващи много засукани конструкции: пространства с усукване, пресичане на различни допълнителни координати, “отвори” или дупки в пространството на допълнителните координати и пр. Общата черта на тези конструкции е това, че при някакъв граничен преход големите разстояния на каква и да е сложна структура с допълнителните измерения стават неразличими и теорията става ефективно тримерна.

Конкретните реализации на идеята Калуца-Клейн зависят много силно от вида на геометрията на пространствата с допълнителни измерения, обаче на всички е присъща една и съща характерна черта – наличието на т.нар. калуца-клайновски спектър на частиците (КК-спектър или КК-моди). За да се разбере по-добре какво е това, трябва пак да се върнем към най-простия вариант с една допълнителна компактифицирана окръжност (фиг. 1 б). За по-сложни конструкции на пространството на допълнителни координати КК-координати, спектърът ще бъде много по-сложно устроен, но той винаги ще присъства. Така, че както беше споменато по-горе, наблюдаваната физика в безкрайно (некомпактно) пространство няма да съвпада с физиката в компактно. Физическите теории, живущи на плоскост и цилиндър са неидентични. Основното различие е формирането на дискретния спектър на възбуждане на всички частици в теорията. В съответствие с принципите на квантовата механика, когато едно или няколко направления в пространството се ограничават (стават компактни), резултантният спектър на състоянията на полетата в тези направления ще бъде дискретен, вместо непрекъснат. Състоянията ще отстоят един от друг с някаква стъпка, определяна от свойствата на конкретната теория, нулевата мода ще бъде също отделена от останалия спектър с масов процеп (фиг. 3).

Физически КК-модите съответстват на формирането на стоящите вълни на полетата, разглеждани в теорията с компактифицирани допълнителни измерения. Модите имат

маси (КК-маси), обратно пропорционални на величината на радиуса на компактификация и право пропорционални на стойността $\kappa: (m_k)^2 = k^2/R^2$. k се нарича номер на модата, или КК-число, и номерира нивото на възбуденото



Фиг. 3

състояние. Физически, те са свързани с различните минимума и максимуми на вълната по компактифицираното измерение – стандартното условие за формиране на стоящи вълни. На фиг. 3 (в дясно) е показано в граничен преход стремящ се към безкрайност на допълнителното измерение – границата на разкомпактификация – спектърът отново става непрекъснат. В случая за много голям радиус спектърът на ефективната теория ще изглежда *като непрекъснат* (много леките състояния, следващи с малка стъпка, са експериментално неразличими). По-нататък по-подробно ще бъде описано различieto в експерименталните методики за установяване на такива възбуждения в случаите с тежки и много леки състояния.

И така, КК-теорията в своето оригинално превъплъщение изглеждаше много елегантна, позволяваща обединението на взаимодействията и предполагаща много нова и интересна физика. Обаче така изглеждаше само докато в теорията не се наложи да се въведат фермионите. Ф.Клайн беше първият, който се опита да направи това, и веднага забеляза, че за електрона се получават напълно неправилни експериментални следствия. Освен това, точно през тридесетте години на миналия век на арената на физическите изследвания наляве излязоха две неизвестни дотогава взаимодействия – силното и слабото. В резултат картината на физическия свят съществено се усложни, и даденият подход се оказа, че не може да опише от единна гледна точка всички четири взаимодействия. Затова следващите четири десетилетия преминаха “под знамето” на съвсем друга идея – четиримерната квантова теория на полето, която в резултат създаде Стандартния модел на взаимодействията, а допълнителните измерения бяха избутани на заден план и даже забравени за известно време. Обаче, покрай споменатите във въвеждането проблеми на СМ, истинско обединение на фундаменталните взаимодействия в СМ беше постигнато само за две от трите – за слабото и електромагнитното. Силното взаимодействие се “присъединява” към тях доста формално. Правилното обединение на трите взаимодействия е възможно само в рамките на по-широки симетрии и по-обща теория, които традиционно се наричат теории на Великото обединение. Освен това, нека си спомним, че СМ не включва гравитационното взаимодействие. В такава светлина, а също и отчитайки големия брой свободни параметри, СМ не може да се трактува като изчерпваща и окончателна теория. По-скоро тя трябва да се разбира като нискоенергетична граница на някаква нова, наистина фундаментална теория. Тази

хипотетична теория трябва да описва взаимодействията при най-високи енергии по някакъв друг по-общ начин и трябва да дава правилно поведение на всички полета, в това число и на гравитационното. Т.е. да позволява получаването на “правилна” квантова теория на гравитацията и да я обедини с другите фундаментални взаимодействия. А СМ, или някакъв неин по-широк вариант, и гравитацията отделно да се получават от тази теория в граничния преход към ниски енергии.

В тези разсъждения засега никъде не фигурира изискването за многомерност на пространство-времето, в което да “живее” най-общата теория на взаимодействията. СМ оперира със стандартен четиримерен континуум. За получаването на всички тези закономерности преходът към многомерна теория съвсем не е очевиден. Обаче обединението на взаимодействията може да се достигне, в духа на ранните идеи на Калуца – Клейн, именно чрез многомерността на пространството. Първоначално отхвърлената, поради явни разминавания с експерименталните факти и поради невъзможността за включване на силните и слаби взаимодействия, КК-теория може да бъде модифицирана така, че в нея да бъде включено неабелевото взаимодействие. За целта трябва да се въведе не едно, а доста повече допълнителни измерения и в точно съответствие с оригиналната идея да се реализират вътрешните калибровъчни симетрии като симетрии на въртене в многомерното пространство. Така че своето второ рождение идеята за допълнително измерение дължи именно на опита да се построи последователна ТВО.

Съвременен възглед за допълнителните пространствени измерения

Понастоящем се предполага, че най-вероятният кандидат за ролята на най-фундаментална теория е *теорията на струните* (ТС). Тя обхваща гравитацията, наред с другите полета, и всички частици – флуктуации на тези полета, възникват в теорията по абсолютно еднакъв начин като моди на трептения на една и съща струна. Очаква се, че ТС по принцип е способна да възпроизведе СМ при ниски енергии и фиксира всичките нейни свободни параметри. Или по-точно – ще може в бъдеще, когато сама бъде формулирана в някакъв окончателен вид. Подобни надежди произтичат преди всичко от съображението, че теорията на струните се формулира въобще без свободни параметри с изключение на един единствен – струната константа, и константата на натягане на струната. Също извънредно важно е, че теорията на струните претендира за създаването на нова струнна космология, конкретното описание на механизма на инфлация, решаването на проблема на космологичната константа и др.

Обаче теорията на струните ни принуждава да излезем извън рамките на стандартния модел за описване на взаимодействията: вместо обикновения четиримерен пространствено-времеви континуум, фигуриращ в квантовата теория на полето, се налага да оперираме с многомерно пространство, което се състои от едно времево и някакво количество пространствени измерения. Колко въобще трябва да бъдат пространствените координати и защо те трябва да бъдат повече от обикновените три? За суперсиметричната струна отговорът е: необходими са девет пространствени измерения. Този брой е определен от изискването за самосъгласуваност на описанието, т.е.

теорията на струните “сама” да избере необходимия й брой пространствени измерения. Те не трябва да бъдат три, пет, тринайсет или безкраен брой – те трябва да бъдат именно девет, за да има теорията смисъл. Това е забележително свойство на теорията на струните – фиксираният брой пространствени измерения, избран от произволния им ред. Така че, оперирайки с теорията на струните, ние се лишаваме от произвола при избора на броя на пространствените координати и този параметър не е произволен, а строго определен. В същото време това ни поставя пред необходимостта за разглеждане и отчитане на тези допълнителни пространствени измерения. Понастоящем, изследването на многомерните модели и техните свойства е мотивирано основно от теорията на струните, и във всички варианти на описание обикновено се разглежда краен брой допълнителни измерения, равно на 6 (трите наши обикновени плюс още максимум шест, което дава “магическите” девет за струните).

От момента на появяване на първият оригинален модел на Калуца-Клайн до неотдавна, вече близо половин век, се считаше, че допълнителните пространствени измерения, ако те присъстват в теорията, трябва да бъдат много малки – компактифициране до планковския радиус (10^{-33} см). Това обикновено се предполага и за всяка многомерна теория на точковидни частици, но не за струните. Затова се считаше също, че всякакви нови физични явления, свързани с изменение на броя на координатите в разглеждането, могат да възникнат само на планковски мащаби на енергията, когато започва да се чувства и многомерната структура на пространството. Обаче по-късно се изясни, че това условие за малка стойност на допълнителното измерение не е задължително за самосъгласуваността на теорията сама със себе си и с експеримента. За пръв път това беше изяснено при изучаване на механизмите за нарушаване на суперсиметриите, и тук възникваха два важни пункта за разсъждение. Пункт първи: супер симетрията, както и допълнителните измерения са също необходими елементи от теорията на струните. При това тя трябва да присъства и на струнния – планковски – мащаб и да се запази при преход от фундаменталната теория на струните към нискоенергетичното феноменологично описание – квантовата теория на полето. Пункт втори: суперсиметрията трябва да се нарушава при някакъв много малък енергетичен мащаб – малък в сравнение със струнния мащаб от порядъка на 10^{19} GeV. От гледна точка на СМ и нейното разширение съществуват ред съображения, свързани с възможните стойности на тази малка величина. На първо място, поради стремежа да се реши проблемът за йерархиите, а също да се обезпечи възможността за обединение на трите взаимодействия – силното, слабото и електромагнитното – при високи енергии е извънредно желателно, суперсиметрията да бъде нарушавана при мащаб на енергията от порядъка или малко повече от TeV. Но не много, защото иначе пак възниква проблема за надстройка на йерархията. И така, връщайки се към многомерните теории, се налага да се удовлетворяват две условия: да се нарушава суперсиметрията при енергии от порядъка на TeV, но при това да се обезпечи съгласуваност на механизма на подобно нарушаване с теорията на струните, формулирана при планковски енергии. Именно при търсенето на подходящ механизъм, удовлетворяващ и двата споменати пункта, беше

предложен подход, който пряко свързваше мащаба на нарушаване на суперсиметрията с размера на допълнителните измерения. Стойността на енергията, при която се нарушава суперсиметрията, се определя като пропорционална на реципрочния радиус на компактификация. Задачата за съгласуване на теорията на струните и нискоенергетичното нарушаване на суперсиметрията намери своето решение благодарение на факта на съществуване на допълнителни измерения. Също така стана ясно, че размерът на допълнителното измерение по принцип може да не бъде планков, а доста по-голям: $g_s \sim \text{TeV}^{-1} \sim 10^{-33}$ см. Следователно, истинската структура на многомерното пространство може да бъде изучава на ускорителите.

Едновременно с въвеждането за разглеждане на големи допълнителни измерения възникват и въпросите: ако броят на пространствените координати е по-голям от три, а нашия наблюдаван свят все пак е тримерен, тогава как да се получи нашето привично тримерно описание и нашата привична Вселена в рамките на новата многомерна картина? Каква нова физика ще се появи при това и какво да правим със съществуващите наблюдавани факти и данни, отричащи присъствието на нови екзотични явления при достъпните понастоящем енергии? Както вече бе споменато, в традиционните а la Калуца-Клейн интерпретации се предполага, че истинската многомерност започва при много високи енергии, така че екзотичната многомерна физика не внася никакви наблюдаеми приноси в нашия нискоенергетичен живот. Проблемът за съгласуване на многомерните теории с “тримерните” експериментални данни се решава много просто – придвижвайки границите за възникване на нови явления извънредно далеч по енергии, “избутвайки” видимостта на нова физика достатъчно далеч зад постижимите от нас хоризонти. Обаче с приемането на хипотезата за големи, а не планковски радиуси на допълнителните измерения този трик вече не работи. Затова трябва да се “оправим” с въпроса за принципната възможност обикновената материя да чувства допълнителните измерения, а също и да изучаваме последствията от подобни предположения, съгласувайки ги с известните ни експериментални факти.

Взаимодействие на теорията с експеримента

Преди всичко да напомним за характерната черта на многомерните модели – възникването на КК-спектър за всички частици, които представляват флуктуации на многомерните полета. Нулевите КК-моди се интерпретират като известната ни материя в СМ – фермионите и бозоните – преносители на взаимодействията. Висшите моди също трябва за присъстват и наблюдават в експериментите, ако радиусите на компактификация са големи (а КК-масите, обратно пропорционални на тези радиуси, съответно малки). Как да се съгласува с експеримента присъствието на такъв спектър на възбуждания, когато достоверно е известно, че при достъпните ни днес енергии няма нищо подобно? А какво ще се получи, ако всички нулеви моди попаднат в допълнителните измерения? От тримерна гледна точка това изглежда като внезапно възникване на частиците от “никъде” или също толкова внезапно изчезване на материята в пространството. Това би довело до нарушаване на всички известни ни закони за запазване – енергия и

импулса на частиците, участващи във взаимодействията, нарушаване на лептонните и барионни числа в реакциите и т.н. Всъщност ако такива процеси бяха възможни винаги, за всички частици на материята и при всякакви енергии, то самото съществуване на по-сложните форми на материята като атоми биха били невъзможни. Нашата основна теория, описваща взаимодействието на елементарните частици – Стандартният модел, – е получена в резултата на приемане на постулати, забраняващи подобни процеси. Съответно, СМ не предсказва възможности за наблюдаване на нарушаване на тези постулати при експериментите. И ние действително досега никога не сме наблюдавали реакции с нарушаване на лептонните или барионните числа, а също и реакции с нарушение на баланса на енергия-импулса. Обаче, означава ли това, че споменатите симетрии са основните в квантовата теория на полето въобще и винаги? Оказва се, че не. Преди всичко, теории, удовлетворяващи по-широк кръг симетрии, отколкото съдържащите се в СМ, допускат нарушаване на лептонните и барионните числа. Във всеки вариант от теорията на Великото обединение, споменати досега, лептоните и кварките влизат в едно представяне на групите на симетрии, което означава, че те могат да се преобразуват едни в други под действието на тази симетрия. Кое от своя страна означава, че лептонните и барионните числа в такива реакции не се запазват. Незапазването на барионното число води до разпада на протона. Съвременните експерименти дават много голямо време на живот за тази частица – повече от 10^{32} години. Съответно, всяка ТВО даваща по-малки времена на живот на протона, трябва да бъде бракувана. А всяка теория, включваща се в тези ограничения може да бъде разглеждана като работещ вариант. И трябва да се отчита, че процеси с нарушаване на квантовите числа ще протичат не при всякакви възможни енергии, а само над характерните енергии за ТВО, които са от порядъка на 10^{16} GeV и по-високи. Затова, от тази гледна точка, нарушаването на квантовите числа на фундаменталните фермиони е невъзможна не въобще, а е невъзможна с честота по-висока от експериментално определената граница, както и при енергии, по-ниски от някаква друга долна граница.

Понастоящем закономерностите на СМ са проверени до енергии на взаимодействия от стотина GeV, което е еквивалентно до разстояния 10^{-17} см. Затова всички нови непредсказани в СМ взаимодействия трябва да възникват на още по-малки разстояния, които още не са достигнати на съвременните ускорители или при други експерименти. Затова процесите, забранени в СМ, съвсем не е задължително да бъдат забранени въобще. Те напълно могат да бъдат разрешени при по-високи енергии, където СМ може да бъде заменен от някаква друга теория. В енергетичните области, непроверени засега експериментално, е възможна нова, екзотична физика.

Тази логика е с голяма точност приложима и към всяко ново явление, произтичащо от многомерността на пространство-времето. Всяка екзотика може да възникне на енергетичния мащаб над TeV за частиците от СМ, за да няма противоречие с наблюдаваните данни. За гравитона (частицата, преносител на гравитационното взаимодействие) границата на многомерност се намира съществено по-ниско, просто защото теорията на гравитацията е проверена експериментално с много по-малка точност и

за разстояния не по-малки от няколко десетки от микрона. Това означава, че всеки многомерен модел, в който на КК-модите на гравитона е разрешено да пътешестват по допълнителните измерения, напълно може да съдържа компактифицирани измерения с размери от порядъка на десетки части от микрона. Разбира се, ако в същия модел се въведат полетата от СМ, за тях “разрешените размери” на допълните измерения не могат да бъдат по-големи от 10^{-17} см. Т.е., получава се доста сложна комбинирана конструкция, в която различните взаимодействия стават многомерни при силно различаващи се енергетични мащаби. Обикновено за простота се разглеждат феноменологични модели, в които многомерността е разрешена или само за гравитона, или само за полетата на СМ, но не на всички заедно.

И така, достигахме до извода, че започвайки от някакъв праг на енергии, съществуващата материя и свързаните с нея сили могат да станат многомерни и да преминат в допълнителните измерения. Експериментът ни дава напълно определени стойности за тези енергетични прагове и характерни разстояния за различните взаимодействия, на които това може да се прояви. Обаче *до тези прагове*, все пак материята трябва да съществува в тримерен вид. Какви са възможните механизми за *удържане* на нулевите КК-моди в тримерния свят, даже до определените за това енергии? Има различни подходи за решаването на проблема за удържането на материята. В частност, маса варианти са свързани пак с теорията на струните. В своята пълна формулировка теорията на струните (едномерни обекти) съдържат още и *браните*. Браните са многомерни обекти, чиято пространствена размерност може да бъде някаква, чак до максимално възможната в ТС – девет пространствени измерения. Казват, че обекти те с по-малка размерност – браните – *се помещават* в пълното многомерно пространство. Ако браната има максималната възможна размерност тя просто запълва цялото пространство. Самият термин “брана” е просто обобщение на двумерното понятие “мембрана” за случаите на произволна размерност (1-брана за обозначаване на едномерен обект или струна, 2-брана за двумерен, 3-брана за тримерен, и т.н.). С голямо приближение браните могат да бъдат интерпретирани като “срезове” на пространства с по-големи размерности. Например, двумерната повърхност (лист хартия) може да се разглежда като срез или граница на тримерното пространство (книга). В зависимост от конкретния вариант на струнната теория браните могат да имат различни свойства и да се отличават по способността им да носят (удържат) физически полета. Изборът на подходяща конфигурация на брани от необходимия тип и размерност по принцип позволява да се реши проблемът за локализация на материята чрез чисто струнни методи. Теоретичните модели от такъв тип, произхождащи от теорията на струните и съдържащи подобни струнни модели, се наричат модели (или сценарии) на *свят върху брана*.

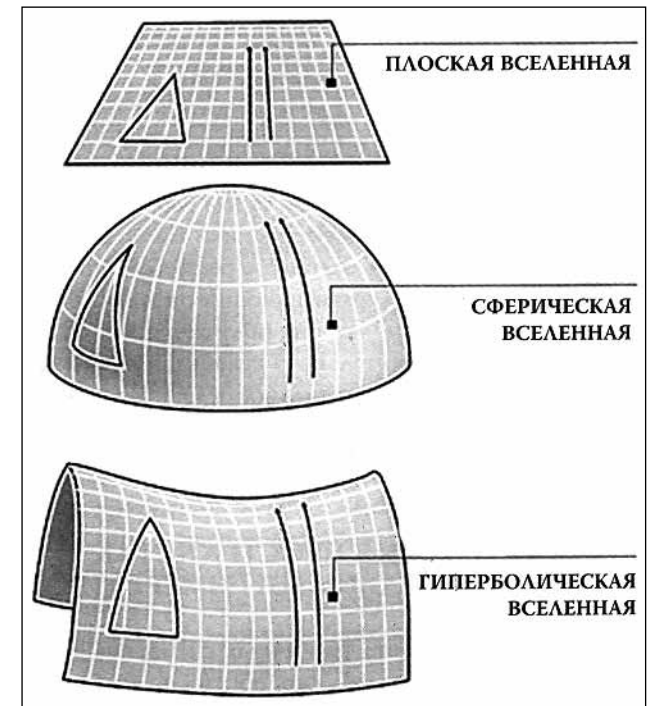
Характерна черта на многомерните теории е това, че всички енергетични мащаби на тримерния свят, се интерпретират като “фундаментални”, но престават да бъдат такива в многомерието. Истински фундаментални стават мащабите на съответстващите им многомерни теории. Да допуснем, че вместо фундаменталният мащаб на квантовата

теория, масата на Планк, възниква многомерен аналог M_D , стойността на който може силно да се отличава от тримерния, в зависимост от избрания многомерен модел. В частност, варирайки размерите на допълнителните измерения, може да се направи така, че $M_D \sim M_{Pl} \sim 10^{19}$ GeV. Стойността на новия “истински” фундаментален мащаб може да бъде от порядъка на TeV! По такъв начин слабият интензитет на гравитационното взаимодействие в нашия свят се обяснява с факта, че той се получава като *остатъчен* или *принесен* от по-фундаменталното гравитационно многомерно взаимодействие. Гравитацията ще бъде силна в многомерието и значително по-слаба в тримерието.

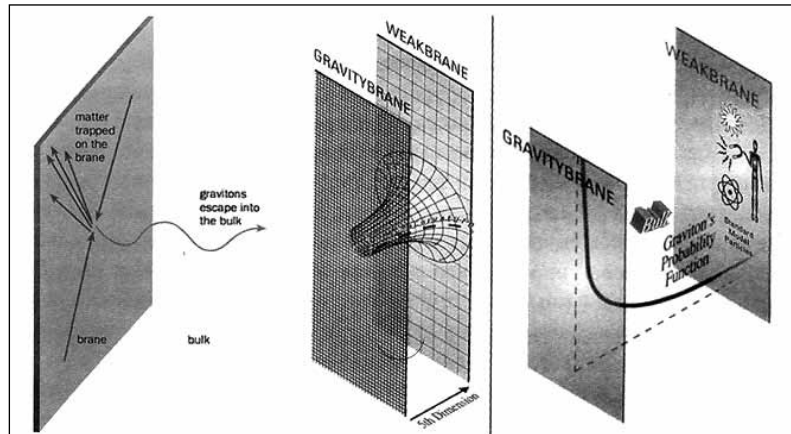
Геометрия на пространството с допълнителни измерения

Друга отличителна черта на различните сценарии с големи допълнителни измерения е обсъжданата вече възможност да се получат множество варианти с различна структура и геометрия на пространствата на допълнителните координати и пълното многомерно пространство. Известно е, че нашата тримерна Вселена е *плоска* (поне практически плоска, в космологичен мащаб, доколкото за това може да се съди по наблюдателните астрофизични експерименти), т.е. пространството не е изкривено, а представлява тримерен аналог на лист хартия. Обаче това не е задължително да бъде вярно за многомерното пространство като цяло – то може да бъде както плоско, така и да има ненулева *кривина*. Кривината на пространството се определя от поведението на траекториите на свободно падащи тела между близки точки на пространството. Ако траекториите са паралелни, се казва, че пространството е плоско, без кривина; ако траекториите се раздалечават, то пространството притежава кривина (фиг.4). При това кривината може да бъде както положителна (траекториите се раздалечават), така и отрицателна (траектории се сближават).

Самият факт на наличие на многомерна кривина никак не противоречи на изискванията на наблюдаваната плоскост на нашата Вселена, тоес отсъствието на тримерна кривина. За съгласуване на теорията с експеримента достатъчно е да се удовлетвори условието за плоскост на *тримерния срез* на многомерното



Фиг. 4



Фиг. 5

разнообразни. Например, многомерното компактно пространство може да бъде плоско, с брой на възможните допълнителни измерения от едно до шест и плоски тримерни брани (да си спомним фиг. 2 вдясно горе; вж. също фиг. 5, ляво). Многомерното пространство може да има също положителна или отрицателна кривина (рис. 5, дясно). В зависимост от геометрията на многомерното пространство наблюдаваната физика може силно да се отличава, калуца-клайновските моди на всички полета ще бъдат с много големи маси или, напротив, много леки, по-леки и от предполагаемите стойности за масите на неутриното. Също и интензивностите на взаимодействие на тези моди с обикновената материя (нулевите моди) ще бъде или много голяма или малка и потисната от множител с порядък обратно пропорционален на планковската маса. Проблемът за йерархиите, проблемът на удържането на материята върху браната, възпроизводството на йерархията на Юкава, въвеждането на бозона на Хигс и т.н. и т.н. всички те ще се определят и решават по различен от геометрията на пълното многомерно пространство. Затова моделите с допълнителни измерения се делят на класи по признака на конкретно избраната геометрия.

Как да проникнем в допълнителните измерения?

Мощен инструмент за проверка на съществуването на допълнителните измерения представлява законът за всемирното притегляне на Нютон. Присъствието на допълнителни измерения изменя поведението на силите на привличане и води до отклонения от тримерния закон на Нютон. Например, за многомерните модели с плоска геометрия на разстояния, сравними с размерите на допълнителните измерения, силата на притегляне между две тела става по-силна: от порядъка $1/r^{2+n}$ (където n е броят на допълнителните измерения), вместо стандартното $1/r^2$. Само въз основа на това съображение се изключва, например, случаят на само едно много голямо допълнително измерение ($n=1$, $R \sim 10^{13}$ см.). Цялата съвкупност от движението на планетите на Слънчевата система забранява присъствието на едно допълнително измерение с такива размери.

пространство (фиг. 5, дясно).

Въпросът за геометрията на пространството е извънредно важен, тъй като определя основните свойства на Вселената с допълнителни измерения. Допустимите геометрии на пространството могат да бъдат най-

За две или повече допълнителни измерения проверката на закона на Нютон вече не може да служи като полезен критерий за подбор на модели, защото отклоненията, се предсказват на значително по-малки разстояния. Както вече нееднократно беше казано, законът за всемирното притегляне до определени разстояния може да бъде проверен в лаборатории чрез гравитационни експерименти (идейно неизменени от времето на Хенри Кавендиш и опитите, проведени през 1798 г. с торзионни везни). Точността на такива експерименти позволява да се твърди, че не съществуват никакви модификации на закона за обратните квадрати, за разстояния от порядъка на десетки от микрона. За все по-малки разстояния понастоящем не може да се каже нищо. Затова, засега, допълнителните измерения на по-малки разстояния, не могат да бъдат установени с помощта на пряка проверка на верността на закона на Нютон. За такава проверка вместо торзионни везни трябва да се използват ускорителите на частици.

Сценариите с допълнителни пространствени измерения предсказват различни нови физични ефекти, които могат да се проявят при мащаби от порядъка на TeV-ни енергии, а следователно, могат да бъдат достъпни за изучаване на съвременните ускорители. Преди всичко, обект на изследване могат да бъдат безкрайните спектри на специфичните тримерни състояния на КК-модите на обикновените частици, тяхното пълно копие по квантови състояния – електрични товари, спинове, лептонни или барионни числа и пр., но и различието по нарастване маси. Разбира се, това само в случая, че всички частици от СМ са флуктуации на многомерни полета. В случая, когато само на някои частици от СМ е разрешено да бъдат многомерни (например, само масивните калибровъчни бозони), ще получим набор на КК-моди само за тези частици. Аналогично, ако разглеждаме модели само с многомерна гравитация, ще получим КК-модите само на гравитона. В едни модели тежките резонансни състояния се проявяват като нови индивидуални частици с характерни свойства – маси, товари, спинове, канали на разпад и т. н. В други модели КК-модите в спектъра са толкова малки и разстоянията между тях толкова малки, че те не се различават като индивидуални резонанси, а формират плавна обвиваща крива (вж. фиг. 3, дясно – границата на разкомпактификация). В тези случаи КК-модите дават принос в процеса на раждане на частиците от СМ, например, раждането на двойки мезони, електрони или фотони, което води до значително увеличаване на вероятностите за такива процеси, т.е. увеличаване на броят на раждане на такива двойки за единица време. Така се получава превишение на всички раждащи се частици в сравнение с предсказанията на СМ.

Друга вече спомената страна на многомерността на КК-модите е тяхната способност физически да се смесят в допълнителните измерения. За разлика от нулевата мода, която винаги е локализирана в нашия свят за сметка на някакъв механизъм макар и до някаква гранична енергия, всички външни моди никак не са локализирани върху браната. Това означава, че те изчезват от нашия свят веднага след раждането си. На експеримента това изглежда като в събития с пряко раждане на такъв резонанс ще се наблюдава дефицит на енергия, който някакъв КК-гравитон или друга КК-мода е отнесла със себе си в допълнителните измерения. Подобни сигнали експериментато-

рите наричат сигнали с *недостигаща (загубена) енергия* и също са обект на експериментални търсения.

Най-общо казано, свойствата на сигналите от “нестандартната” физика зависят силно от параметрите на модела. Масите на новите частици, ширината на резонансите, вероятностите за раждане и разпад могат да се изменят в широк диапазон на стойности. За съжаление, теорията не дава еднозначни ограничения на параметрите на моделите, затова при планирането на експерименталната програма на търсене на подобни ефекти е необходимо да се отчитат и да имаме възможност за измерване на колкото се може повече експериментално наблюдаеми величини.

Големият адронен калориметър открива уникални перспективи за търсения на физика извън границите на Стандартния модел – въпроса за съществуването на допълнителни измерения от раздела на хипотетичните възможности преминава в раздела на реалните изследвания на съвременните експериментални установки. Надяваме се, че многогодишните интензивни изследвания в това направление ще се окажат успешни и ще доведат до същественото разширяване на нашите знания за устройството на Природата.

Литература

1. Брайан Грин. *Еlegantная Вселеная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории*. Москва, 2005
2. Стивен Хокинг. *Краткая история времени: от Большого взрыва до черных дыр*. СПб: Амфора, 2001.
3. Стивен Хокинг, Роджер Пенроуз. *Природа пространства и времени*. СПб: Амфора, 2007.
4. В.А.Рубаков. *Большие и бесконечные дополнительные измерения*. УФН, 171 (2001).
5. Г. Е. Горелик. *Размерность пространства: историко-методологический анализ*. Москва, Изд-во МГУ, 1983.

Превод: **Н. Ахабабян**

„Физика с дополнительными пространственными измерениями”,
сб. *В глубь материи*, Москва, 2009.

НАЙ-МНОГО ЦИТИРАНАТА СТАТИЯ ЗА ВСЯКА ОТ 20-ТЕ СТРАНИ С НАЙ-ВИСОКА ЦИТИРУЕМОСТ ЗА ПЕРИОДА ОТ ЯНУАРИ 2000 Г. ДО 31 АВГУСТ 2010 Г.

През миналия месец *ScienceWatch.com* представи годишната си класация на „Първите 20 страни” (в общо 22 научни области), които в съответствие с най-последните данни на двумесечника *Essential Science Indicators* са получили най-голямо признание, основано на техни статии, отпечатани в индексирани от Thomson Reuters списания за периода от януари 2000 г. до 31 август 2010 г. – за период от 10 години и 8 месеца (четвърти двумесечник).

През текущия месец *ScienceWatch.com* Webmaster Spyder Schafer представя най-много цитираната статия за всяка от първите 20 страни с най-мисока цитируемост. Страните са представени в същия ред, както бяха през миналия месец – по пълния брой на цитиранията. В тази класация всички посочени автори на статии са с основна мес-торабота в посочената страна – в противовес на многонационалните сътрудничества.

Rank	Country	Citations
1	USA (46,796,090 total citations) „ANALYSIS OF RELATIVE GENE EXPRESSION DATA USING REAL-TIME QUANTITATIVE PCR AND THE 2(T)-(DELTA DELTA C) METHO. Authors: LIVAK KJ, et al. Source: METHODS , 25 (4): 402-408, DEC 2001. Address: Washington State Univ, Dept. Pharmaceut Sci, Pullman, WA 99164 USA. Field: BIOLOGY & BIOCHEMISTRY	9,252
2	ENGLAND (9,979,737 total citations) „COOT: MODEL-BUILDING TOOLS FOR MOLECULAR GRAPHICS“. Authors: EMSLEY P, et al. Source: ACTA CRYSTALLOGR D-BIOL CRYST , 60: 2126-2132, Part 12 Sp. Iss. 1, DEC 2004 Address: Univ York, York Struct Biol Lab, York YO10 5YW, N Yorkshire, England. Field: CHEMISTRY	4,898
3	GERMANY (9,960,100 total citations) „A SHORT HISTORY OF SHELX” Authors: SHELDRICK GM. Source: ACTA CRYSTALLOGR A , 64: 112-122, Part 1 JAN 2008. Address: Univ Gottingen, Dept Struct Chem, Tammann Str 4, D-37077 Gottingen, Germany. Field: CHEMISTRY	7,020

4	JAPAN (7,877,699 total citations) „ SUPERCONDUCTIVITY AT 39 K IN MAGNESIUM DIBORIDE “ Authors: NAGAMATSU J, et al. Source: NATURE , 410 (6824): 63-64, MAR 1 2001. Address: Aoyama Gakuin Univ, Dept Phys, Setagaya Ku, Tokyo 1578572, Japan. Field: PHYSICS	2,811
5	FRANCE (6,660,630 total citations) „ A SIMPLE, FAST, AND ACCURATE ALGORITHM TO ESTIMATE LARGE PHYLOGENIES BY MAXIMUM LIKELIHOOD “ Authors: GUINDON S, et al. Source: SYST BIOL , 52 (5): 696-704, OCT 2003. Address: CNRS, LIRMM, 161 Rue Ada, F-34392 Montpellier 5, France. Field: ENVIRONMENT/ECOLOG	2,995
6	CANADA (5,619,293 total citations) „ EFFECTS OF AN ANGIOTENSIN-CONVERTING-ENZYME INHIBITOR, RAMIPRIL, ON CARDIOVASCULAR EVENTS IN HIGH-RISK PATIENTS “ Authors: YUSUF S, et al. Source: N ENGL J MED , 342 (3): 145-153, JAN 20, 2000. Address: Hamilton Gen Hosp, Canadian Cardiovasc Collaborat Project Off, 237 Barton St E, Hamilton, ON L8L 2X2, Canada. Field: CLINICAL MEDICINE	3,435
7	ITALY (4,770,753 total citations) „ THE MIRROR-NEURON SYSTEM “ Authors: RIZZOLATTI G, et al. Source: ANNU REV NEUROSCI , 27: 169-192, 2004. Address: Univ Parma, Dipartimento Neurosci, Sez Fisiol, Via Volturno 3, I-43100 Parma, Italy. Field: NEUROSCIENCE & BEHAVIOR	1,021
8	PEOPLES R CHINA (4,227,779 total citations) „ CORONAVIRUS AS A POSSIBLE CAUSE OF SEVERE ACUTE RESPIRATORY SYNDROME “ Authors: PEIRIS JSM, et al. Source: LANCET , 361 (9366): 1319-1325, APR 19, 2003. Address: Univ Hong Kong, Queen Mary Hosp, Dept Microbiol, Pokfulam Rd, Hong Kong, Hong Kong, Peoples R China. Field: CLINICAL MEDICINE	1,025
9	NETHERLANDS (3,687,829 total citations) „ SINGLE-CRYSTAL STRUCTURE VALIDATION WITH THE PROGRAM PLATON “ Authors: SPEK AL. Source: J APPL CRYST , 36: 7-13, Part 1, FEB 2003 Address: Univ Utrecht, Bijvoet Ctr Biomol Res, Padualaan 8, NL-3584 CH Utrecht, Netherlands. Field: CHEMISTRY	7,405

10	AUSTRALIA (3,359,748 total citations) „ IDENTIFICATION OF DIABLO, A MAMMALIAN PROTEIN THAT PROMOTES APOPTOSIS BY BINDING TO AND ANTAGONIZING IAP PROTEINS “ Authors: VERHAGEN AM, et al. Source: CELL , 102 (1): 43-53, JUL 7, 2000. Address: Walter & Eliza Hall Inst Med Res, PO Royal Melbourne Hosp, Melbourne, Vic 3050, Australia. Field: MOLECULAR BIOLOGY & GENETICS	1,219
11	SPAIN (3,256,075 total citations) „ DNASP, DNA POLYMORPHISM ANALYSES BY THE COALESCENT AND OTHER METHODS “ Authors: ROZAS J, et al. Source: BIOINFORMATICS , 19 (18): 2496-2497, DEC 12, 2003. Address: Univ Barcelona, Fac Biol, Dept Genet, Diagonal 645, E-08071 Barcelona, Spain. Field: COMPUTER SCIENCE	2,391
12	SWITZERLAND (2,873,881 total citations) „ PHOTOELECTROCHEMICAL CELLS “ Authors: GRATZEL M. Source: NATURE , 414 (6861): 338-344, NOV 15, 2001. Address: Swiss Fed Inst Technol, Inst Photon & Interfaces, CH-1015 Lausanne, Switzerland. Field: CHEMISTRY	1,863
13	SWEDEN (2,548,046 total citations) „ MECHANISMS OF DISEASE – INFLAMMATION, ATHEROSCLEROSIS, AND CORONARY ARTERY DISEASE “ Authors: HANSSON GK. Source: N ENGL J MED , 352 (16): 1685-1695, APR 21, 2005. Addresses: Karolinska Univ Hosp, Karolinska Inst, Ctr Mol Med, Dept Med, L8-03, SE-17176 Stockholm, Sweden. Field: CLINICAL MEDICINE	1,536
14	SOUTH KOREA (1,767,799 total citations) „ A HOMOCHIRAL METAL-ORGANIC POROUS MATERIAL FOR ENANTIOSELECTIVE SEPARATION AND CATALYSIS “ Authors: SEO JS, et al. Source: NATURE , 404 (6781): 982-986, APR 27, 2000. Address: Pohang Univ Sci & Technol, Natl Creat Res Initiat Ctr Smart Supramol, San 31 Hyojadong, Pohang 790784, South Korea. Field: CHEMISTRY	1,555
15	BELGIUM (1,756,586 total citations) „ INTENSIVE INSULIN THERAPY IN CRITICALLY ILL PATIENTS “ Authors: VAN DEN BERGHE G, et al. Source: N ENGL J MED , 345 (19): 1359-1367, NOV 8, 2001. Address: Katholieke Univ Leuven, Univ Hosp Gasthuisberg, Dept Intens Care Med, B-3000 Louvain, Belgium. Field: CLINICAL MEDICINE	2,723

16	SCOTLAND (1,622,708 total citations) „SPECIFICITY AND MECHANISM OF ACTION OF SOME COMMONLY USED PROTEIN KINASE INHIBITORS“ Authors: DAVIES SP, et al. Source: BIOCHEM J, 351: 95-105, Part 1, OCT 1, 2000. Address: Univ Dundee, Dept Biochem, MRC, Prot Phosphorylat Unit, MSI-WTB Complex, Dow St, Dundee DD1 5EH, Scotland. Field: BIOLOGY & BIOCHEMISTRY	2,432
17	INDIA (1,497,065 total citations) „A FAST AND ELITIST MULTIOBJECTIVE GENETIC ALGORITHM: NSGA-II“ Authors: DEB K, et al. Source: IEEE TRANS EVOL COMPUTAT, 6 (2): 182-197, APR 2002. Address: Indian Inst Technol, Kanpur Genet Algorithms Lab, Kanpur 208016, Uttar Pradesh, India. Field: ENGINEERING	1,054
18	DENMARK (1,470,961 total citations) „PEPTIDOTRIAZOLES ON SOLID PHASE: [1,2,3]-TRIAZOLES BY REGIOSPECIFIC COPPER(I)-CATALYZED 1,3-DIPOLAR CYCLOADDITIONS OF TERMINAL ALKYNES TO AZIDES“ Authors: TORNOE CW, et al. Source: J ORG CHEM, 67 (9): 3057-3064, MAY 3, 2002. Address: Carlsberg Lab, Dept Chem, Ctr Solid Phase Organ Combinatorial Chem, Gamle Carlsberg Vej 10, DK-2500 Valby, Denmark. Field: CHEMISTRY	1,146
19	ISRAEL (1,363,975 total citations) „THE RANDOM WALK'S GUIDE TO ANOMALOUS DIFFUSION: A FRACTIONAL DYNAMICS APPROACH“ Authors: METZLER R, et al. Source: PHYS REP-REV SECT PHYS LETT, 339 (1): 1-77, DEC 2000. Address: Tel Aviv Univ, Sch Chem, IL-69978 Tel Aviv, Israel. Field: PHYSICS	1,311
20	RUSSIA (1,243,711 total citations) „BULK NANOSTRUCTURED MATERIALS FROM SEVERE PLASTIC DEFORMATION“ Authors: VALIEV RZ, et al. Source: PROG MATER SCI, 45 (2): 103-189, 2000. Address: Ufa State Aviat Tech Univ, Inst Phys Adv Mat, 12 K Marx St, Ufa 450000, Russia. Field: MATERIALS SCIENCE	

ЕРОЗИЯ НА МОРАЛА В НАУКАТА: СЪСТОЯНИЕТО НА НАУЧНИТЕ ПУБЛИКАЦИИ

Дъглас Арнолд

Научните списания, без съмнение, са важни. Те са най-важното средство за разпространение и натрупване на научни резултати. Те са от ключово значение за нашето здраве, сигурност и просперитет. Публикациите се използват от университетите, финасиращите агенции и други като важна мярка за продуктивността и ефекта от научните изследвания. Те са решаващи при наемането, при кариерното израстване, при определянето на заплатите, както и при класирането на факултети, институти, и даже на нациите. При големите изгоди, които могат да дадат публикациите, не е чудно, че някои хора използват неетично поведение, стигащо до дългопробни измами. И все пак, когато се заех с тези проблеми по-отблизо, бях потресен от това, което открих.

В тази статия ще приведа няколко тревожни примера за нарушения както от страна на авторите, така и от страна на списанията по приложна математика. Заключение, до което стигнах е, че стандартната библиометрика, като импакт факторът на списанията и броят на цитиранията за авторите могат да бъдат лесно манипулирани не само на теория, но и на практика. Ето защо тяхното използване за оценка на научните постижения следва силно да се ограничи.

Обществото за индустриална и приложна математика (SIAM), разбира се, оценява високо научните публикации и предприема активни действия да обезпечи целостта на нашите публикации и да предпази авторите от кражби на резултатите им. Но все още не можем да решим какви действия да предприемем. Ето защо каня членовете на SIAM-обществото да споделят мислите си с нас. Ако знаете за тревожни инциденти с публикации в списанията, моля споделете ги. Мислите ли, че броят на подобни инциденти расте? Трябва ли SIAM да предприеме още нещо? Трябва ли да огледаме и ситуацията извън нашите публикации и автори?

С недоброръчно поведение на автори, най-често обикновено плагиатство, както и по-фино присвояване на идеи и дублиране на публикации, сме се срещали отдавна. Впечатлението ни е, че при SIAM тези проблеми се случват все по-често. Още по-тревожно е злоупотребата със списания, извършвана от издатели и редактори, често с очевиден мотив за изгода. Пример за това е небрежен или фалшив процес на рецензиране, целящ да създаде впечатлението за сериозно научно списание. Друг пример е умишлената манипулация на статистиката на цитирането, за да се повиши импакт-факторът или друг библиометричен фактор на списанието.

Един от пресните случаи в SIAM се отнася за недоброръчно поведение както на авторите, така и на списанието. Статия, публикувана в списание на SIAM беше плагиатствана буквално дословно от препринтна версия, публикувана от авторите в електронния архив. Плагиатът се появи в *International Journal of Statistics and Systems* през същата година с друго заглавие и автори. Издателите на SIAM, вице-президенти

тът, отговарящ за публикациите, изпълнителният директор и аз предприехме пълно разследване на случая, което трая шест месеца. Случаят ставаше все по-заплетен и тревожен с всяка седмица. Аз реших, че нашият окончателен доклад трябва да се публикува; той е достъпен в интернет, където можете да намерите подробностите¹.

Впрочем, ето някои от тъжните изводи. На базата на прегледаните от нас статии заключихме, че заподозрените автори са извършили плагиатство и в редица други случаи. Те са публикували от свое име поне четири други статии в четири различни списания, които са буквални копия (дума по дума) на статии на други автори; имаме причини да вярваме, че има и други подобни случаи. Издателството *Research India Publications* публикува близо 50 списания, посветени главно на приложната математика. За съжаление издателството не отговори на нашето запитване за плагиатстваните статии. Обърнахме се към главният редактор, посочен на сайта на списанието, но той също не бе в състояние да се свърже със списанието! След като научи от нас за инцидента, той подаде оставката си, но така и не получи отговор от издателя. Неговото име, заедно с имената на мнозина други изтъкнати математици, все още е изписано на сайта на списанието.

Но слуховете за недобросъвестността на издателя и на списанието бледнеят пред широко разпространявания случай на математическото списание *Chaos, Solitons and Fractals* (CSF) издавано от *Elsevier*. Както пише през 2008 година списание *Nature*, "... 5 от 36-те статии от декемврийският брой на *Chaos, Solitons and Fractals* са написани от главния редактор Мохамед ел Наши (*Mohamed El Naschie*). През предходната година, близо 60 негови статии са публикувани от списанието." Всъщност, от 400-те статии на El Naschie, индексирани от Web of Science, 307 са публикувани в CSF, докато той е бил негов главен редактор. Това изключително високо ниво на само-публикуване на главния редактор доведе до обвинения, че нормалните стандарти на рецензиране не са били спазвани от CSF. Този факт е повлиял съществено и на импакт-фактора на списанието. (*Thomson Reuters* пресмята импакт-фактора на списанието за дадена година като C/A, където A е броят на публикуваните от списанието статии през предшестващите две години, а C е броят на цитиранията на тези статии в статии, индексирани от *Thomson Reuters* и публикувани през конкретната година). Статиите на Мохамед ел Наши в CSF са били цитирани 4992 пъти, около 2000 от които са в статии публикувани от CSF, главно неговите собствени. През 2007 *Thomson Reuters* класира CSF на второ място измежду 65-те списания в категорията "*Mathematics, Interdisciplinary Applications*"

Друго списание, чийто висок импакт-фактор предизвиква недоумение, е *International Journal of Nonlinear Science and Numerical Simulation* (IJSNS), основано през 2000 година и издавано от *Freund Publishing House*. През последните три години списанието IJSNS е било с най-висок импакт-фактор в категорията "*Mathematics, Applied*". Между IJSNS and CSF съществуват тесни връзки. Например, Жи-хуан Хе (*Ji-Huan He*), основател и главен редактор на IJSNS, е издател и на CSF, а Мохамед ел Наши е един от съиздателите на IJSNS. И двамата публикуват много активно не само в собствените си списания, но и в списанието на другия, като често се цитират един друг.

Нека опиша и още един елемент, който допринася за високия импакт – фактор на IJSNS. *The Institute of Physics* (IOP) публикува *Journal of Physics: Conference Series*

(JPCS). Организаторите на конференции плащат за издаването на трудовете на техните конференции в JPCS и, по думите на IOP: "JPCS моли организаторите на конференцията да организират рецензирането на всички статии". Нито отделните книжки, нито сайта на JPCS посочват списъка на редакторите, нито описват процеса за оценяване качеството на конференцията. Въпреки това Thomson Reuters брои цитиранията в JPCS при пресмятането на импакт – фактора. Един от 49-те тома на JPCS през 2008 година съдържа трудовете на конференцията, организирана от главния редактор Хе на IJSNS в кампуса на неговия университет: *Shanghai Donghua University*. Този том съдържа 221 статии с 366 цитирания на статии от IJSNS и 355 цитирания на Хе. За да разберете ефекта от този ход ще кажа, че ако за 2008 година броим **само гореспоменатите цитирания на списанието IJSNS**, то пак щеше да има по-висок импакт – фактор от кое да е списание на SIAM с изключение на *SIAM Review*.

Друг пример за недобросъвестност на списание беше разкрит с комичен елемент. В статия, приета за публикуване от *Center for Research in Applied Phrenology* (CRAP) и публикувана онлайн през юни в *Science News*, главният редактор Джанет Ралофф (*Janet Raloff*)³ описва експеримент, при който докторантът Филип Дейвис (*Philip Davis*) от университета Корнел и негов приятел използвали компютърната програма *SCIgen* за да генерират случаен документ. Граматиката и речникът на документа са били тези, използвани от научните статии по компютърни науки, но самият документ не е имал никакво смислено съдържание. (Статията започва така: "Компактните симетрии и компилатори са складирали гигантски интерес както от футуристите, така и от биолозите през последните няколко години. Недостатък на този тип решения, обаче е в това, че тяхното *DHT* носи подчертано високо-машабен и разтегаем характер." ... след четири страници стигаме до заключението: "Ние очакваме много футуристи да се заемат с изучаването на *Trifling Thamyn* в най-близко бъдеще." Какво повече?!). Статията беше изпратена за публикуване в *The Open Information Science Journal* (TOISCIJ), издаван от *Bentham Science*, издаващ повече от 200 научни списания с открит достъп. Много от тях, съгласно сайта на издателя имат висок импакт-фактор. Въпреки че статията беше подписана с псевдоними и гарнирана с издайническият адрес *Center for Research in Applied Phrenology* (съкратено *CRAP* – на английски – боклук – б. пр.), четири месеца по-късно Дейвис беше уведомен, че "изпратената за публикуване статия след рецензиране е била приета за публикуване в TOISCIJ." Следвайки процедурата за публикуване на статии с открит достъп, издателят предупредил авторите, че статията ще бъде публикувана веднага след като те изпратят чек за 800 долара, което авторите отказали да направят.

Случаите, за които разказах по-горе, са ужасни, но ясни. По-опасни са, може би, не чак толкова очевидните случаи: издатели, които не пренебрегват рецензирането, но го подчиняват на ненаучни фактори; списания, които не се занимават с мащабно и систематично самоцитиране, но прилагат прикрит натиск над автори и издатели да модифицират цитиранията в полза на списанието, а не въз основа на научни аргументи; автори, които не преписват буквално чужди текстове, а ползват чужди идеи, без да ги цитират по подходящ начин. Тези случаи са много по-трудни за разкриване и осъждане.

Как мислите: дали такива практики не изкривяват съществено научната литература и инициативност? А може би и вие знаете история на подобни съмнителни практики?

Един от изводите, които съм готов да направя, е, че трябва да се откажем от използването на библиометрични показатели като импакт-фактора при оценяването на научното качество. Отдавна се знае, че импакт-факторът слабо корелира с качеството на списанието и практически няма нищо общо с научните качества на статиите в списанието или с това на техните автори. В нашата област докладът на *IMUICIAM-IMS* за статистиката на цитиранията⁴ от 2008 година красноречиво показва това. По-слабо се отбелязва това, че тези показатели могат да бъдат и често са фалшифицирани. Често те са по-скоро индикатор за безпринципността (липсата на съвест) на автори, редактори, или издатели, отколкото за качеството на тяхната работа. Често ме убеждават, че проблемът може да бъде решен, ако се промени формулата за изчисляване на импакт-фактора. Например, ако увеличим времеви интервал на импакт-фактора от две на пет години, или ако изключим самоцитиранията, проблемът ще бъде решен. Подобни модификации, според мен са обречени на неуспех. Цитиранията на математическите статии са малко на брой, даже отлични статии често събират няколко десетки или стотици цитирания, а такива показатели лесно могат да се манипулират. Това, което един редактор може да направи със самоцитиране, двама редактори на две списания могат да постигнат и без самоцитиране. Броенето никога няма да замени мнението на експерта.

Какво можем ние, учените да направим? Разбира се, първата стъпка е да огледаме себе си. Като учени ние следва да се придържаме към научната почтеност при писането на статии. Следва да си зададем определени въпроси, преди да предоставим името си за редактор на дадено списание. Дали това списание поддържа високо ниво на рецензиране? Дали има ясна политика и механизми за постигането им? Дали то е полезна добавка към все по-разширяващата се научна литература? Ние трябва да обучаваме не само нашите студенти, но и нашите колеги, администратори и менаджери. Възразявайте всеки път, когато за измерване на научното качество се предложи броят на публикациите, броят на цитиранията или импакт-факторът. Обяснявайте на хората колко лесно тези цифри могат да бъдат и са манипулирани. Трябва да прочетем самите статии, да видим характера на цитиранията и качествата на списанията. Надявам се да се поучим от опита и мислите на SIAM-обществото.

Можете да ми се обадите на president@siam.org.

Литература

1. www.siam.org/journals/plagiary
2. Nature, vol. 456, 27 November 2008, page 432.
3. www.sciencenews.org/view/generic/id/44706/title/Science_the_Public_CRAP_paper_accepted_for_publication
4. www.iciam.org/QAR/CitationStatistics-FINAL.PDF

Превод: Владимир Герджиков

С новия закон за академични научни длъжности и научни степени, който либерализира придобиването на тези звания и дава възможност на всички (акредитирани) научни институти и висши учебни заведения да ги присъждат, се възстановява и една добра стара традиция – на съответната „Встъпителна хабилитационна лекция“.

За „Светът на физиката“ ще бъде чест да публикува тези текстове на новите хабилитирани наши колеги, ако те бъдат представени във вид, подходящ за нашето научно-популярно списание.

СТРУКТУРАТА НА АДРОНА – КАКВО ЗНАЕМ И КАКВО НЕ ЗНАЕМ

(Встъпителна лекция по случай присъждането на академичната длъжност „Професор по физика“, 15 ноември 2011 г.)

Екатерина Христова

1. За адроните – малко история

Хипотезата за съществуване на градивни неделими частици – атоми, от които е съставена материята, датира от древността. Но пръв Джон Далтон през 1803 г. достига до идеята за атома, анализирайки експеримента, като по такъв начин тази хипотеза се превръща в научна теория. Днес ние знаем, че това е вярно почти за цялата Вселена¹. (Разбира се, остава открит въпросът за тъмната материя). Атомите се състоят от електрони, за първи път наблюдавани от Дж. Дж. Томсън през 1897 г., които обикалят около малко твърдо ядро, въведено за първи път в опитите на Е. Ръдърфорд през 1911 г. Атомното ядро се състои от протони и неутрони, под общото название нуклони. Въпреки че електроните определят химическите свойства на атома, те представляват само една нищожна част от неговата маса – масата на електрона е 0,511 MeV, докато на протона е 938 MeV, като по такъв начин нуклоните представляват около 99,9 % от обикновената материя. Ако искаме да разберем структурата на материята, ние трябва да разберем структурата на нуклона.

Нуклоните принадлежат към един по-общ клас частици, наречени адрони. Адроните са клас елементарни частици, които взаимодействат силно: протони, неутрони, π -мезони, K -мезони, ρ -мезони и т.н. (лептоните и фотонът, например, които взаимодействат само слабо или електромагнитно, но не и силно не принадлежат към тях). Отначало се счита, че те са елементарни, т. е. без вътрешна структура. Скоро обаче, след като техният брой достига няколко десетки, се забелязва, че те не са независими обекти, а се превръщат една в друга по точно определен начин. Тогава естествено възниква въпросът доколко те са елементарни. През 1964 г. за пръв път М. Гел-Ман и Г. Цвайг независимо издигат хипотезата, че адроните са съставени от по-малки час-

тици – кварки q , които имат спин $1/2$ и дробен заряд $1/3$ или $2/3$ от заряда на протона. През 1969 г. този кварков модел донася Нобелова награда на Гел-Ман и става основа за предсказване свойствата на адроните.

Днес определението за адрони е: това са свързани състояния на кварки. Адроните се делят на две основни групи: бариони и мезони. Барионите са съставени от три кварка и са с полуцел спин $S=1/2, 3/2 \dots$, като най-разпространени са дългоживущите протони p и неутрони n , които образуват атомното ядро. Мезоните са съставени от един кварк и един антикварк и са с цял спин, като от тях най-разпространени са π – мезоните и K -мезоните.

2. Кога кварките стават реалност?

Когато Гел-Ман издига хипотезата за кварките, той по-скоро не вярва в тяхното реално съществуване, а ги разглежда като един подходящ способ за класификация на ставащите все по-многобройни елементарни частици. Кварките добре описват статичните характеристики на адроните – наблюдаваната симетрия между тях, техния заряд, маса, магнитен момент, както и техния енергетичен спектър. Причина за неговия скептицизъм е дробният заряд на кварките: докато всички наблюдавани частици имат заряд кратен на заряда на протона, кварките имат $1/3$ или $2/3$ от неговия заряд. И действително, кварки и до днес не са наблюдавани. Какво все пак ни дава основание да вярваме в тяхното съществуване?

С цел изследване структурата на протона, през 1968 г. на ускорителя SLAC в Станфорд, САЩ започват серия експерименти, в които протонът се бомбардира с високо-енергетични електрони. Открива се явлението *скейлинг*, което еднозначно показва, че поведението на протона при високи енергии е като на съставен обект от точкови (без вътрешна структура), почти свободни частици. Значението на експеримента в Станфорд е аналогично на значението на класическия експеримент на Ръдърфорд. Разсейвайки α – частици върху атома, Ръдърфорд открива структурата на атома – показва, че в атома има твърдо ядро, което заема много малка част от обема на атома. Аналогично, експериментът в SLAC изследва структурата на протона и показва, че протонът се състои от точкови, практически не взаимодействащи между себе си частици. През 1990 за тези експерименти Й. Фридман, Х. Кендал и Р. Тейлор получават Нобелова награда. През 1969 Р. Файнман нарича тези частици *партони* в предложението от него *партонен* модел. Съвсем скоро се разбира, че партоните на Файнман са много близки до кварките въведени от Гел-Ман – имат същите заряд и спин, но докато в модела на Гел-Ман кварките са само 3 вида – (u, d, s) , в партонния модел наред с тях съществуват и множество кварк-антикваркови двойки, т. нар. морски кварки.

Днес можем да кажем: нуклонът се състои от два типа частици: кварки и глюони. Кварките са със спин $1/2$ и се различават по набора от характеризиращите ги квантови числа, наречени *аромат* (електрически заряд, изотопически спин, барионен заряд, странност, очарование (charm), красота (beauty) и върховност (topness)). Съществуват

6 кваркови аромата, съответстващи на шестте вида кварки – отначало това са трите вида (u, d, s) -кварки на Гел-Ман и Цвайг, като след 1974 г. се откриват още три вида – по-тежките (c, b, t) -кварки. Всеки аромат може да бъде в три „цвета“, условно наречени червен (Ч), зелен (З) и син (С). Цветът на съответстващия антикварк е античервен, антизелен и антисин. Глюоните са електрически неутрални частици със спин 1, които осъществяват взаимодействието между кварките. Кварките и глюоните се наричат общо партони.

Но остава големият проблем – след като кварките в протона са почти свободни, защо досега не сме видели кварк в свободно състояние нито в природата, нито на ускорителите? Това динамично свойство на кварките се нарича конфайнмент. За обяснение на това явление са въвежда понятието „цвет“. Теорията, която описва взаимодействието на цветните кварки и обяснява конфайнмента, е квантовата хромодинамика (КХД).

И така, формално ние знаем всичко за адроните:

1) Градивни елементи са кварките, които имат спин $S=1/2$, всеки със своя аромат $q=(u, d, s, c, b, t)$ и цвет $q=(Ч, З, С)$, и глюоните g със спин $S=1$.

2) КХД е науката, която описва взаимодействието на кварките в адроните.

Хипотезата за кварките в нуклона е една от най-красивите и най-интересни парадигми за описване на структурата на материята. Съвременната физика на елементарните частици се базира на тяхното съществуване и описва взаимодействието между тях. Какво знаем и какво не знаем за кварките?

3. Защо е нужен цвет?

Отначало квантовото число „цвет“ се въвежда, за да обясни наблюдаваните комбинации от кварки в барионите и мезоните. Някои бариони, например $\Delta = (sss)$, се състоят от три еднакви кварка, което противоречи на принципа на Паули. Затова на всеки кварк се приписва квантовото число „цвет“. Постулира се, че макар кварките да са цветни, наблюдаваните комбинации, в които те участват, трябва да са безцветни, т.е. цветовете трябва да се компенсират, да не се изменят при въртене в тримерното пространство на цветовете. Наричат ги още бели по аналогия с теория на светлината. Има две базисни безцветни комбинации – когато участват трите цвета (ЧЗС) и когато участват цвет-антицвет. От тук следва, че възможните комбинации, които образуват адрони, са подходящо симетризираните по цветовете индекси:

1) безцветни комбинации (анти-симетрична по „цвета“) от три кварка (qqq) , които съответстват на барионите:

$$p = (uud), \quad n = (ddu), \quad \Delta = (sss), \quad \Lambda = (uds) \dots$$

2) безцветни суми от (qq) с еднакви цветове, които съответстват на мезоните:

$$\pi^+ = (u\bar{d}), \quad K^+ = (u\bar{s}), \quad D^+ = (u\bar{c}) \dots$$

Скобките по-горе показват, че е направена съответната симетризация по цветовете индекси на различните видове кварки.

Редом с тези комбинации обаче, хипотезата за „цвет“ не противоречи да съществуват и екзотични адрони от вида:

- 3) $(\bar{q}q\bar{q}q)$, наречени тетра-кварк
 4) $(\bar{q}q\bar{q}q\bar{q}q)$, наречени пента-кварк.

До сега още няма еднозначни указания за тяхното съществуване. Изискването за безцветни адрони обаче забранява съществуването на състояния като (q) или $(qqqq)$ каквито не са и наблюдавани.

4. Квантова хромодинамика

Квантовото число цвят обяснява конфайнмента, но то не отговаря на въпроса защо при високи енергии кварките почти не взаимодействат. Само включване на глюоните, като преносители на цветовия заряд, прави възможно построяването на математически добре дефинирана пренормируема квантова теория на силните взаимодействия – квантовата хромодинамика, т.е. квантовата динамика на цветовете. Тя помирява двете противоречащи си на пръв поглед свойства на кварките: конфайнмент и асимптотична свобода. От една страна конфайнмент не им позволява да съществуват в свободно състояние, от друга – асимптотичната свобода ги прави почти свободни, когато взаимодействат при високи енергии.

Когато има малка величина, по която разлагаме, във физиката се работи с пертурбативни методи. В КХД такава величина няма – константата на силното взаимодействие е по-голяма от единица. Известно е, че константата на взаимодействие в една пренормируема теория не е съвсем константа, а зависи от предадения импулс. През 1973 г. Д. Гросс и Ф. Вилчек, и независимо Д. Полицер, в едно и също списание и по едно и също време, показват, че константата α_s на силното взаимодействие намалява, когато разстоянието между кварките намалява (т.е. взаимодействат с големи енергии) и расте когато кварките се раздалечават. Това означава, че в КХД има два типа процеси: От една страна, когато кварките прелитат много близко (предават си голям импулс), константата на силното взаимодействие става малка или казваме че кварките са „асимптотически свободни“. От друга страна, когато се опитаме да раздалечим кварките, притеглянето между тях започва да расте и ние не можем да ги раздалечим на разстояние по-голямо от някакъв радиус, т. е. кварките могат да съществуват само в свързано състояние – имаме конфайнмент.

Откритието на асимптотичната свобода е от огромно значение и на практика означава, че КХД на малки разстояние е пертурбативна теория, към която е приложима стандартната диаграмна техника на Файнман. Заслугата на Вилчек, Грос и Полицер при откриване на асимптотичната свобода е не толкова в техническото пресмятане на α_s като функция на енергията – тук методите са известни: да се пресметнат определен брой диаграми, да се реши диференциалното уравнение на ренормгрупата и да се вземе асимптотиката. Заслугата им е преди всичко в правилната интерпретация на получения доста неочакван резултат. По онова време се изисква научна смелост и преодоляване на значителна психологическа бариера, за да се обяви че взаимодействието между кварките, а от тук и между адроните, изчезва когато те се приближават. За това откритие през 2004г. им е присъдена Нобелова награда.

КХД е теория подобна на квантовата електродинамика, но в същото време е значително по-сложна от нея: вместо един заряд, в КХД има три заряда – това са трите цвята на кварките; вместо един неутрален фотон, в КХД има осем цветни глюона; вместо линейните уравнения на Максвел за електромагнитното поле, в КХД уравненията за глюоните са нелинейни, т.е. глюоните взаимодействат между себе си. Именно взаимодействието между глюоните води до асимптотичната свобода. На езика на математиката това означава, че абелевата калибровъчна група $U(1)$ в електродинамиката се заменя с неабелева $SU(3)$ симетрия в КХД. Асимптотичната свобода е характерна за всяка неабелева теория.

Едно от най-важните достижения на пертурбативната квантова хромодинамика е предсказаното и удивително добре потвърдено на експеримента слабо отклонение от скейлинга: скейлинг означава, че при високи енергии кварките в нуклона са свободни, наблюдаваното отклонение от скейлинга означава, че те взаимодействат слабо.

Благодарение на асимптотичната свобода, взаимодействието на високо-енергетичните адрони се свежда до взаимодействие между партоните в тях. Тъй като са почти свободни, те имат точно определени характеристики – маса, заряд, импулс, поляризация и за да опишем реакциите между тях трябва да знаем как импулсът, спинът и др. характеристики на нуклона са разпределени между кварките и глюоните в него. Да знаем структурата на адрона означава да знаем две основни величини:

1) партонните разпределения (ПР), които описват разпределението на импулса на нуклона между неговите съставни частици – кварките и глюоните; ако нуклонът е поляризиран, то ние говорим съответно за поляризирани ПР.

2) фрагментационните функции (ФФ), които описват вероятността кварк q или глюон g да се превърне в адрон h (да фрагментира), като носи част от енергията на партоната. Обозначенията за тях са съответно D_q^h и D_g^h .

Протонът се състои от кварки и глюони, и затова ПР са интуитивно понятни величини. Съвсем не е така обаче с ФФ – доста нетривиално мислене е нужно за да си представим, че кваркът съдържа в себе си, с определени вероятности, различните видове адрони. И все пак КХД ни казва, че това е именно така – ПР и ФФ са еднакво естествени и важни.

ПР и ФФ са от особено значение за връзката между експеримента при високи енергии, който се прави само с адрони и теорията, в която участват само кварки. С други думи, необходимо е добре да се знаят: 1) партонните разпределения, за да се премине от началните нуклони към кварките и 2) фрагментационните функции, за да се премине от взаимодействията вече кварки обратно към наблюдаемите адрони в крайното състояние.

ПР и ФФ се определят от непертурбативната КХД на големи разстояние и единно описание за тях не съществува. Затова понастоящем се следва феномено-логичния подход – информацията за тях се извлича от експеримента. От коректно определените ПР и ФФ зависи правилността на извлечената от експеримента информация за теорията. При тяхното определяне се използват две важни свойства:

1) ПР и ФФ са универсални, т.е. ако ги определим в един подходящо избран процес, може да ги използваме във всеки друг процес.

2) Освен от импулса на партон, ПР и ФФ зависят и от енергията на взаимодействие между партоните. КХД предсказва закона, по който ПР и ФФ се изменят с енергията. Това е система от уравнения, която позволява ако ги определим при някаква енергия, да ги пресметнем при всяка друга енергия.

Тъй като експерименталните данни не са достатъчни, при определяне на ПР и ФФ се правят различни допълнителни предположения. Това мотивира разглеждането на въпроса – каква моделно независима информация може да получим за тях от съществуващите експерименти.

5. „Кризис в спина на протона“

Един от най-вълнуващите проблеми при разгадаване структурата на нуклона е как поляризацията на нуклона е разпределена между съставлящите го партони.

През 1987 г. една от колаборациите EMC в ЦЕРН, измерва поляризацията $\Delta\Sigma$ носена от кварките в протона и получава неочакван резултат: кварките носят само една много малка част от спина на протона, съвместима даже с нула [1]:

$$\Delta\Sigma = 0.12 \pm 0.094 \pm 0.138$$

Съгласно наивния партонен модел протонът е съставен само от кварки и $\Delta\Sigma$ е сума от поляризиациите на съставлящите го кварки:

$$\Delta\Sigma = (\Delta u + \Delta\bar{u}) + (\Delta d + \Delta\bar{d}) + (\Delta s + \Delta\bar{s}).$$

Тук Δq и $\Delta\bar{q}$, $q=u,d,s$ определят поляризацията на различните видове кварки и антикварки: Δq е разликата между броя на кварките поляризирани паралелно и антипаралелно на спина на протона и т.н. По-тежките кварки не се отчитат, тъй като енергиите не са достатъчно големи, за да се образуват кварк-антикварковите двойки cc и $b\bar{b}$.

От измерването на EMC следват две важни следствия:

1) Кварките носят много малка част от спина на протона $\sim 12\%$. Това е в крещящо противоречие с наивния кварков модел, в който проекцията на спина на нуклона $S_z^N = 1/2$ се определя изцяло от спина на кварките:

$$S_z^N = \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \Delta\Sigma$$

и би трябвало от най-общи съображения да е около ~ 1 .

2) Морските кварки дават съществен принос в спина на протона.

За да се разбере колко неочакван е резултатът на EMC, нека припомним, че наивният кварков модел прекрасно предсказва отношението на магнитните моменти на протона и нуклона, като при това се предполага, че спинът на нуклона се определя изцяло от валентните u и d кварки. Експериментът на EMC показва, че при високи енергии това не е така – приносът на валентните кварки е само една малка част.

Противоречието между наивния кварков модел и резултата от EMC поставя нача-

лото на т. н. „кризис в спина на нуклона“ и повдига въпросът: Как спинът на нуклона е разпределен между съставлящите го кварки и глюони?

Желанието да се отговори на този въпрос провокира нова интерпретация на данните и нови измервания.

Днес поляризацията носена от кварките и антикварките в протона е измерена с много добра точност и е около $\sim 1/3$ [2]:

$$\Delta\Sigma = 0.30 \pm 0.01(th) \pm 0.02(exp)$$

което е определено отлично от нула, но много по-малко от очакваното.

Затова най-естествено е да се отчете поляризацията и на глюоните, които имат спин $S=1$. Нека припомним, че аналогичен проблем възниква и с импулса на протона – неговият импулс се възстановява едва след като се отчитат импулсите не само на кварките, но и на глюоните.

Поляризацията на глюоните ΔG се мери по-трудно. Тъй като са неутрални и не взаимодействат директно с фотона, то точността при определяне на тяхната поляризация е силно ограничена. Резултатите са доста противоречиви – ΔG е не по-голяма от 30%, като би могла да е както нула, така и положителна или отрицателна, т. е. глюоните биха могли да са поляризирани по или обратно на посоката на спина на протона. Типични значения са [3]:

$$\Delta G = 0.316 \pm 0.190, \Delta G = -0.339 \pm 0.458, \Delta G = -0.096.$$

И така, експериментите при високи енергии ни научиха, че партонната структура на високоенергетичния адрон е по-сложна от кварковата структура на същия адрон, но в покой. При ускоряването на адрона, се изменя не само разпределението по импулси на изходните (валентни) кварки, но се генерират и глюони, а също така морски кварки. Всички те носят част от сумарния импулс на адрона, като дават принос и в неговия спин.

При енергии няколко GeV (1 GeV е приблизително масата на протона), глюоните пренасят половината от импулса на протона, като с нарастване на енергията, тази част нараства. Същият ефект се наблюдава и при спина. С нарастване на енергията нараства и частта от спина, която носят глюоните. Но тук проблемът се оказва още по-сложен. Поляризацията на кварките и на глюоните е твърде малка, за да обясни спина на протона.

Днес се приема, че той се определя от кварките $\Delta\Sigma$, глюоните ΔG и от техните орбитални моменти L_q и L_g :

$$S_z^N = \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \Delta\Sigma + \Delta G + L_q + L_g$$

Това поставя редица нови въпроси: Как да определим L_q и L_g , калибровъчно инварианти ли са те и възможно ли е да бъдат определени независимо, съответно как да се измерят? Нужна е и по-детайлна информация за разпределението на спина между партоните: каква част се носи от валентните и морските кварки поотделно.

6. Как да измерим поляризираните партонни разпределения?

Партонните разпределения определят каква част от импулса на протона се носи от съответния партон. Два типа процеси дават информация за *поляризираните* ПР:

1) Разсейване на поляризиращи лептони с високи енергии върху поляризиращи нуклони, като в крайното състояние се регистрира само разсеян лептон l' :

$$\vec{l} + \vec{N} \rightarrow l' + X, \quad l = e, \mu$$

Тук X означава ненаблюдаваните адрони. Този процес се нарича инклузивно дълбоко нееластично разсейване (DIS) и определя комбинациите:

$$\Delta u + \Delta \bar{u}, \Delta d + \Delta \bar{d}, \Delta s + \Delta \bar{s},$$

но той по принцип не може да отдели приноса на валентните и морски кварки, т.е. да разграничи Δq от $\Delta \bar{q}$.

2) Разсейване на поляризиращи лептони с високи енергии върху поляризиращи нуклони, като в крайното състояние се регистрира, освен крайния лептон l' и определен вид адрони $h = \pi^\pm, K^\pm, p/\bar{p} \dots$:

$$\vec{l} + \vec{N} \rightarrow l' + h + X$$

Този процес се нарича полуинклузивно DIS. Тъй като кваркът и антикваркът с различна вероятност фрагментират в крайния адрон, т.е. $D_q^h \neq D_{\bar{q}}^h$, то Δq и $\Delta \bar{q}$ влизат с различно тегло и могат да се определят поотделно. Проблемът обаче е, че влизат и фрагментационните функции D_q^h . И така, за да определим Δq и $\Delta \bar{q}$ поотделно, трябва да знаем ФФ, които едва напоследък започнаха да се изучават по-детайлно. Но освен проблемите с ФФ, за да се опрости сложният анализ на данните, правят се и ред допълнителни предположения:

1) поляризиращите морски кварки са еднакви:

$$\Delta \bar{u} = \Delta \bar{d} = \Delta \bar{s}$$

2) отношението на поляризиращите към неполяризиращи морски кварки е еднакво:

$$\frac{\Delta \bar{u}}{\bar{u}} = \frac{\Delta \bar{d}}{\bar{d}} = \frac{\Delta \bar{s}}{\bar{s}}$$

или други. По такъв начин се определят не кварковите и антикварки ПР поотделно, а чувствителността на експеримента към едни или други предположения за тях.

Съществува и друг подход [4], в който се работи с разлики на процесите за раждане на положително и отрицателно заредени адрони, например $\pi^+ - \pi^-$ или $K^+ - K^-$. Тогава се определят само валентните кваркови разпределения:

$$\Delta u_V = \Delta u - \Delta \bar{u}, \Delta d_V = \Delta d - \Delta \bar{d},$$

използвайки само най-общи принципи на инвариантност, като зарядова или изотопическа инвариантност, без да се правят каквито и да било предположения за ПР или за ФФ. Освен това, всички величини свързани с глюоните – g , Δg и D_g^h , които са определят с големи неточности, не влизат в разликите.

Липсата на допълнителни предположения и елиминирането на глюоните съществено увеличава точността при определяне на търсените величини и затова методът е

възприет от различни лаборатории: През 2001 г. в лабораторията Джеферсон е прието предложение за измерване на валентните кварки, използвайки този метод [5]. През 2007 г. колаборация COMPASS в ЦЕРН за пръв път определи приноса само на валентните кварки $\sim 0,40 \pm 0,07 \pm 0,06$ [6]. Съвсем неотдавна колаборация HERMES в ДЕЗИ (Хамбург), представи предварителни резултати по измерване на разликите $\pi^+ - \pi^-$ върху протон и деутрон, което ще даде възможност да се определят валентните Δu_V и Δd_V кварки поотделно.

7. Как да измерим фрагментационните функции?

Както отбелязахме, възможността да се получи информация за валентните и морски поляризиращи кварки поотделно е свързана с изследване на полуинклузивно дълбоко нееластично разсейване, в което се регистрират крайни адрони $h = \pi^\pm, \pi^0, K^\pm, K^0, p/\bar{p} \dots$, където от основно значение е знанието на ФФ. В момента за тях съществуват различни параметризации, получени от анализ на съществуващите данни. Тъй като при тяхното определяне се правят различни допълнителни предположения, между тях има големи различия, които в някои области са в пъти. Особено остро изпъкна проблемът с ФФ, след като COMPASS представи две различни стойности за поляризацията на странните кварки Δs , използвайки едни и същи данни, но две различни параметризации за ФФ, DSS [7] и EMC [8] за раждане на $K^\pm$ мезони:

$$\Delta s = -0.01 \text{ (DSS)}, \Delta s = -0.04 \text{ (EMC)}$$

Алтернативен подход [9] е отново да се използват разлики на сеченията за раждане на положителни, отрицателни или неутрални адрони. Тогава се определят само отделни комбинации от ФФ, но се определят без каквито и да било предположения. Например, разликата между броя на заредените и неутрални K -мезони в трите различни процеса за раждане на адрони: в e^+e^- -анихилация, в полуинклузивно дълбоко-нееластично лептон-нуклонно разсейване и в протон-протонно разсейване, определя една и съща комбинация $D_u^{K+K^-} - D_d^{K+K^-}$. Това дава възможност: 1) да се провери основната хипотеза в КХД, че ФФ не зависят от процеса, 2) да се сведе сложната система от интегро-диференциални уравнения за зависимостта на ФФ от енергията до едно уравнение за съответната разлика и 3) да се проверят някои от правените предположения в съществуващите параметризации.

8. Къде се правят измерванията?

И така „кризисът със спина на протона“ остава, както и много въпроси във физиката на адроните. В момента се правят редица нови измервания, както за да се определи кой носи спина на протона, така и за да се определят ФФ на адроните:

1) в ЦЕРН (COMPASS) поляризиращи (неполяризиращи) μ^+/μ^- мезони с енергия $E = 160$ GeV се разсейват върху поляризиращи (неполяризиращи) протони или деутрони

2) в Лабораторията Джеферсон (САЩ) поляризирани e^- с енергия $E = 6 \text{ GeV}$ се разсейват върху протони и деутрони. Тази година измерванията ще спрат и през май 2013 г. започва инсталиране на сноп с енергия $E = 12 \text{ GeV}$

3) в ДЕЗИ в Хамбург (HERMES) поляризирани (неполяризирани) e^+ / e^- с енергия $E = 27,6 \text{ GeV}$ се разсейват върху протони и деутрони. Експериментът е проведен от 1995 до 30.06.2007, в момента продължава обработката на данните.

Литература

- [1] EMC, Nucl. Phys. **B328** (1989) 1-35
- [2] COMPASS, Phys.Lett. **B647** (2007) 8
- [3] E. Leader, A. Sidorov and D. Stamenov, Phys. Rev. **D82** (2010) 114018
- [4] E. Christova and E. Leader, Nucl.Phys. **B607** (2001) 369-390
- [5] X. Jiang, 16-th Int. Spin Physics Symp., Trieste, (SPIN2004) p. 446 (hep-ex/0412010)
- [6] COMPASS, Phys. Lett. **B660** (2008) 458
- [7] D. de Florian, R. Sassot and M.Stratmann, Phys.Rev. **D75** (2007) 114010
- [8] EMC, Nucl. Phys. **B321** (1989) 541
- [9] E. Christova and E. Leader, Phys.Rev. **D79** (2009) 014019

НА ВНИМАНИЕТО НА БЪДЕЩИТЕ ВЕЛИКОДУШНИ И ЩЕДРИ СПОМОЩЕСТВОВАТЕЛИ НА СП. СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

БАНКОВА СМЕТКА НА СФБ
BG82CREX92601013508300
BIC: CREXBGSF
ТОКУДА БАНК АД

РЕАКЦИОНЕРИ СЕ ОПЪЛЧВАТ СРЕЩУ СЛАВАТА НА АЙНЩАЙН: „Немски учени в защита на чистата наука”, относителност и събранието в Бад Наухайм

II част

Продължение от кн. 1/2012

Джероен ван Донген

Събранието в Бад Наухайм

Веселото настроение на Айнщайн обаче скоро отново се помрачава. На 20 септември 1920 г. Фридрих фон Мюлер, в качеството си на председател, открива в Бад Наухайм 86-то събрание на Германското общество на учените и лекарите и макар да говори срещу „популистките сбиршища с демагогски лозунги”, насочени против Айнщайн в Берлин, той заедно с това дава израз на своите силно националистически възгледи – нещо, което публиката горещо подкрепя. Мюлер съвсем не е единственият оратор, който изразява консервативни убеждения⁶³. Разгорелите се дебати относно реструктурирането на DPG, при които Вин печели надмощие⁶⁴, допринасят за създаването на напрегната и реакционна атмосфера. Всичко това без съмнение допринася за влошеното настроение на Айнщайн.

В своя *Antwort* Айнщайн предизвиква своите опоненти за дебят в Бад Наухайм⁶⁵. Фактически, месеци преди антирелативистката кампания да бъде разгърната в Берлинската филхармония, Айнщайн е предложил на събранието в Бад Наухайм да бъде организирана обща дискусия върху относителността, вместо да изнася там лекция⁶⁶. Сега обаче, като последица от събитията в Берлин, всички, включително и ревностните германски журналисти, очакват да се състои сензационен *Einsteindebatte*.^{*} Близо петстотин или шестстотин души се отправят към балнеолечебница № 8 на Бад Наухайм (вж. Фигура 5), за да присъстват на дебата⁶⁷.



Фигура 5. Балнеолечебница № 8 в Бад Наухайм (по снимка на пощенска картичка от 1911 г.), където се е състоял дебятът Айнщайн – Ленард по време на 86-то събрание на Обществото на германските учени и лекари (23 септември 1920 г.).

^{*} Терминът *Einsteindebatte* се използва както от пресата, така и от участниците в събранието; вж. цитат 64, с. 80.

Местата за сядане са били ограничени: човек, който е присъствал, споделя, че в 8:15 ч. сутринта само една врата е била отворена:

... и тя беше твърде тясна, като беше още повече стеснена, защото в лявата и в дясната ѝ страна стояха един математик и един физик, а те и двамата не бяха от най-слабите, – подобно на два ангела с мечове, пазещи Айнщайновия рай. Входът за това „делово събрание“ се разрешаваше от този математико-физически филтър само за членове на Германското математическо общество и на Германското физическо общество ... докато чакащите отпред можеха да влязат след 9 часа. Те бързо запълниха столовете, застанаха до стените, запълниха коридора и зачакаха да чуят научния спор⁶⁸.

Публиката е трябвало да чака още близо четири часа, преди да започне дебатът. Той е предшестван от лекциите на математика Херман Вайл (1885-1955) и на физиците Густав Ми (1868-1957), Макс фон Лауе и Леонард Гребе (1883-1967), които са последвани от дискусия⁶⁹, докато накрая е обявено откриването на общ дебат, който трае едва петнадесет минути.

Така започва знаменитият „дуел“ или „бой на петли“ между Айнщайн и Ленард⁷⁰.

За съжаление, не е известно да съществува пълен запис на техния дебат. *Physikalische Zeitschrift* публикува внимателно подбраните аргументи, обменени между двамата, но липсва голяма част от другите им изказвания^{**}. Друг официален отчет за събранието е публикуван от Херман Вайл от името на другия спонсор – Германското математическо общество (*Deutsche Mathematikervereinigung*), но неговият запис е изпъстрен със собствените му преработки на аргументите и поради това не ги представя в документиран вид⁷¹. По-късно и други участници предлагат своите спомени, но те са разпокъсани и се различават от фактите, съобщени във вестниците от онова време⁷².



Фигура 6. Филип Ленард през 1900 г.

Във всеки случай различните отчети ясно дават да се разбере, че най-същественият аргумент, изтъкнат от Ленард (Фигура 6), е твърдението му, че на Айнщайн са му нужни фиктивни гравитационни полета, за да си осигури валидността на принципа на еквивалентността.^{***} Ленард

^{**} Издателят на *Naturwissenschaften*, Арнолд Берлинер, обвинява издателя на *Physikalische Zeitschrift*, Хирцел, за непълния отчет на дебата; срв. писмото на Арнолд Берлинер до Айнщайн от 17 януари 1921 (Einstein Archive, Hebrew University, Jerusalem, accession no 7-007).

^{***} Другите две принципни възражения на Ленард са свързани с премахването на етера и предполагаемото противоречие в случая на въртяща се отправна система, в която биха възниквали скорости, по-високи от светлинната скорост; срв. Weyl, „Relativitätstheorie“ (цитат 72), сс. 59-60; 351-356 „Vorträge und Diskussionen“ (ref. 70), pp. 666-668.

илюстрира мисълта си с „влака, който спира“. Ако, в съответствие с принципа на еквивалентността, намаляването на скоростта на движещия се влак е еквивалентно на действието на някакво гравитационно поле, въпросът тогава е: какви маси са създали това поле?

Айнщайн отговаря, че гравитационното поле, отговорно за забавянето на влака, е напълно валидно решение на полевите уравнения за определена конфигурация на далечни маси, т.е. за подходящи гранични условия. Ленард отвърща, че това е обяснение с помощта на чисто формален аргумент. Той смята, че относителността противоречи на интуитивното разбиране на физиците, тъй като принципно отхвърля етера. Тогава Айнщайн изтъква, че в хода на времето интуициите на физиците са се променяли.

Някои журналистически дописки подчертават, че аргументите са били изтъквани в напълно обективна форма. Един от журналистите даже смята, че по време на дебата е преобладавало „образцово... спокойствие“⁷³. И въпреки това напрежението нараства. Макс Планк седи спокойно на мястото си, но преди началото на дебата той очевидно е много развълнуван, тъй като все още не е сигурен дали Айнщайн ще остане в Берлин⁷⁴. Паул Вайланд също присъства на дебата, но този път е много кротък. Айнщайн и съпругата му Елза са много силно развълнувани от разменените реплики: Елза даже претърпява нервна криза⁷⁵. Виенският физик експериментатор Феликс Еренфест (1879-1952) си спомня, че след дебата той е трябвало да изведе покрусения Айнщайн и да го поразходи в парка за успокоение. По-късно, през същата вечер, те отказват да споделят развълнуваната компания на техните колеги физици⁷⁶.

Както Ленард, така и Айнщайн напускат конференцията дълбоко разстроени. Ленард се отрича от членството си в DPG, като даже заявява, че никой от членовете на DPG няма да бъде допускан до неговия кабинет в Хайделбергския университет⁷⁷. Сега той започва да твърди, че Айнщайн е в тесни връзки с Москва и че се е опитвал да сплаши противниците на относителността с писма, съдържащи заплахи⁷⁸. Опитите на Планк и на физика от Фрайбург, Франц Химстед (1852-1933), остават безуспешни⁷⁹. Антагонизмът на Ленард спрямо Айнщайн става даже още по-силен, докато накрая, в нацистка Германия, намира своето място под формата на неговата расистка идеология на *Deutsche Physik*.⁸⁰ На свой ред Айнщайн дълбоко презира Ленард, като смята, че той, а също Вилхелм Вин:

само правят белий от любов към белите. ... Аз няма да си позволя отново да се разстроя, както ми се случи в Наухайм. Изобщо не мога да разбера как стана така, че поради лошата компания можах да изменя на себе си и да изпадна така дълбоко в липсата на хумор⁸¹.

Заклучителни бележки

След събитията в Берлин и Бад Наухайм Айнщайн и неговите приближени развиват повишена чувствителност спрямо нежеланите последствия от публичната известност. Когато Александер Московски, който е приветствал относителността във вестник *Berliner Tageblatt* като нова истина, надминала тези на Галилей, Нютон и Кант, се

кани да публикува книга, основана върху разговорите му с Айнщайн⁸², Макс Борн (1882-1970) и съпругата му Хедвих (1891-1972), а и самият Айнщайн безуспешно се опитват да спрат издаването ѝ. Те се опасяват, че тя може да разпали нова кампания срещу Айнщайн: книгата неминуемо би потвърдила обвиненията на Вайланд за безсрамно самоизтъкване⁸³.

И все пак, въпреки силния обществен натиск, Айнщайн остава в Германия. Въпреки публичността, на която пресата го подлага, въпреки личните, а понякога и расистки, нападки, той устоява; въпреки консервативните и националистки убеждения и политически пристрастия на германската академична общност, която го заобикаля, въпреки неударжимата следвоенна инфлация, въпреки беднотията и социалната нестабилност, Айнщайн остава в Берлин. Той би могъл да приеме предложението да се завърне в Швейцария⁸⁴ или да окуражи Еренфест действително да осигури за него щатна професорска длъжност в Лайден, където Айнщайн с удоволствие е ходил на посещения⁸⁵. Все пак Айнщайн избира да живее в Берлин – не, разбира се, по някакви патриотични съображения, макар че някои хора се опитват да му ги приписват. Той обаче осъзнава, че ако реши да напусне страната, Германия ще бъде опозорена⁸⁶, а неговите германски колеги биха изпитвали объркване и даже биха се почувствали като предадени. Той има чувството за отговорност – макар и нелек за него товар – да не допусне такива последствия⁸⁷.

Айнщайн не забравя също така, че той трябва да се грижи за издръжката на своята първа жена Милева Марич (1875-1948) и на неговите деца, тъй като те са в Швейцария, където животът е много скъп. Опасява се, че даже ако това направи финансовото му състояние непоносимо тежко, той не би могъл да събере достатъчно кураж, за да напусне Берлин и да приеме назначение някъде другаде. Той споделя своето затруднение със стария си приятел Марсел Гросман (1878-1936):

Хората тук правят отчаяни усилия да ме задържат. В по-малка степен, защото съм им нужен по лични причини и заради мозъчната ми тиня, а в по-голяма степен, защото поради вестникарската шумотевица аз съм се превърнал във фетиш. Аз играя роля, подобна на костите на светец, които са нужни за църквата на манастира. Моето заминаване би се усетило като загубена битка⁸⁸.

Айнщайн чувства привързаност към Берлин също така поради силните си приятелски връзки и истинското професионално признание, което той намира там. „Тук за пръв път аз се освободих от чувството за болезнена самота, от която винаги съм страдал в Берн и Цюрих“⁸⁹. Приятелските отношения в Берлин поддържат у него чувството за дълг и даже му вдъхват онова спокойствие, което му позволява да види в друга перспектива машинациите на Вайланд и Ленард:

Проблемите, които имам, и нападите, на които съм подложен тук, не са толкова лоши, колкото могат да изглеждат на хората извън страната. А наред с това би било нараняващо, ако в това време на страдание и унижение аз обърна гръб на Германия, след като винаги съм се радвал на топлото отношение на моите германски колеги и

на тукашните власти. А това, че съм швейцарец и че изобщо съм с интернационална принадлежност, не променя това лично отношение. Поради това смятам за свой дълг да устоявам в сегашното си положение дотогава, докато външните обстоятелства не направят това практически невъзможно⁹⁰.

Цитирана литература

63. Friedrich von Müller, “Eröffnungsrede,” in Alexander Witting, ed., *Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte. 86. Versammlung zu Bad Nauheim Vom 19. bis 25. September 1920* (Leipzig: F.C.W. Vogel, 1921), pp. 15-24. За реакцията на тълпата виж [K.] Körner, “Die 86. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte in Bad Nauheim vom 19.-25. September 1920,” *Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht* 52 (1921), 79-84; see also “Der Naturforschertag,” *Vorwärts* (September 22, 1920, Morning Edition).

64. Forman, “Naturforscherversammlung” (ref. 4).

65. Einstein, “Meine Antwort” (ref. 1).

66. Айнщайн до Роберт Фрике, 9 юни 1920 г., in Kormos Buchwald, et al., *Събрани съчинения*, том 10 (ref. 5), Doc. 48, p. 302; Einstein to Arthur Schoenflies, July 29, 1920, *ibid.*, Doc. 89, p. 352-354.

67. “Der Kampf um Einstein,” *Vossische Zeitung* (September 24, 1920, Evening Edition).

68. Körner, “86. Versammlung” (ref. 64), p. 81.

69. “Vorträge und Diskussionen von der 86. Naturforscherversammlung in Nauheim vom 19.-25. September 1920,” *Physikalische Zeitschrift* 21 (1920), 649-666; partially reprinted in Janssen, et al., *Събрани съчинения*, том 7 (ref. 1), pp. 351-356.

70. “Vorträge und Diskussionen” (ref. 70), pp. 666-668; препечатан в Janssen, et al., *Събрани съчинения*, том 7 (ref. 1), pp. 354-356. Относно термина „дуел“, виж “Das Rededuell Einstein-Lenard,” *Berliner Tageblatt* (September 24, 1920, Evening Edition); за термина „бой на петли“ (*Hahnenkampf*), виж Айнщайн до Паул Еренфест, October 7, 1920, in Kormos Buchwald, et al., *Събрани съчинения*, том. Vol. 7 (ref. 5), Doc. 163, pp. 444-445.

71. Hermann Weyl, “Die Relativitätstheorie auf der Naturforscherversammlung,” *Jahresbericht der Deutschen Mathematikervereinigung* 31 (1922), 51-63; препечатано в Herman Weyl, *Gesammelte Abhandlungen*. Band II, ed. K. Chandrasekharan (Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1968), pp. 315-327.

72. Например Феликс Еренхафт си спомня, че полицията е присъствала, но това не се потвърждава от журналистичните дописки; виж “Meine Erlebnisse mit Einstein (1908-1940),” MSS 289 B, Smithsonian Institution Libraries, Washington D.C. За обсъждане на спомените на Макс Борн, виж Janssen, et al., *Събрани съчинения*, том 7 (ref. 1), p. 109, n. 52.

73. W. Schweissheimer, “Einstein vor dem Naturforschertag,” *Deutsche Allgemeine Zeitung* (September 25, 1920, Morning Edition); see also “Einstein und seine Relativitätstheorie auf der 86. Naturforscherversammlung zu Bad Nauheim,” *Darmstädter Zeitung* (September 29, 1920).

74. Лизе Майтнер до Макс Борн, 1 юни 1948 г., MTNR 5/2, Churchill College, Cambridge.

75. Хедвих Борн до Айнщайн, 7 октомври 1920 г., in Kormos Buchwald, et al., *Събрани съчинения*, том 10 (ref. 5), Doc. 166, pp. 447-450.

76. Ehrenhaft, "Meine Erlebnisse" (ref. 73).
77. Schönbeck, "Albert Einstein und Philipp Lenard" (ref. 4), p. 33.
78. Филип Ленард до Випхелм Вин, 18 октомври 1920 г., Wien Nachlass, Mappe Lenard, Deutsches Museum, Munich.
79. "Von den Professoren F. Himstedt (Freiburg) und M. Planck (Berlin)," *Berliner Tageblatt* (September 25, 1920, Morning Edition); Schönbeck, "Albert Einstein und Philipp Lenard" (ref. 4), p. 32.
80. Beyerchen, *Scientists* (ref. 3), pp. 91-102.
81. Айнщайн до Макс Борн, 26 октомври 1920 г., in Kormos Buchwald, *et al.*, *Събрани съчинения*, том 10 (ref. 5), Doc. 182, pp. 468-469.
82. Alexander Moszkowski, *Einstein. Einblicke in seine Gedankenwelt. Gemeinverständliche Betrachtungen über die Relativitätstheorie und ein neues Weltsystem. Entwickelt aus Gesprächen mit Einstein* (Hamburg: Hoffmann und Campe and Berlin: F. Fontane, 1921); *idem*, Айнщайн изследователят. Обяснение на трудовете му от диалози с него. Translated by Henry L. Brose (London: Methuen, 1921).
83. Хедвиг Борн до Айнщайн, 7 октомври 1920 г., in Kormos Buchwald, *et al.*, *Събрани съчинения*, том 10 (ref. 5), Doc. 166, pp. 447-450; Макс Борн до Айнщайн 13 октомври 1920 г., *ibid.*, Doc. 175, pp. 459-461; Айнщайн до Макс Борн, 26 октомври 1920 г., *ibid.*, Doc. 182, pp. 468-469; Берта Московски до Айнщайн, 28 октомври 1920 г., *ibid.*, Doc. 187, pp. 474-475.
84. Едгар Майер до Айнщайн, 14 декември 1919 г., in Kormos Buchwald, *et al.*, *Събрани съчинения*, том 9 (ref. 2), pp. 300-302; transl. Hentschel (ref. 2), pp. 182-183; Едгар Майер до Айнщайн, 7 ноември 1920 г., in Kormos Buchwald, *et al.*, *Събрани съчинения*, том 10 (ref. 5), Doc. 192, pp. 481-482.
85. Айнщайн до Паул Еренфест, 12 септември 1919 г., in Kormos Buchwald, *et al.*, *Събрани съчинения*, том 9 (ref. 2), pp. 154-155; transl. Hentschel (ref. 2), pp. 86-87. Паул Еренфест до Айнщайн, 28 August, 1920, in Kormos Buchwald, *et al.*, *Събрани съчинения*, том 10 (ref. 5), Doc. 114, pp. 389-390.
86. Айнщайн до Едгар Майер, 28 ноември 1920 г., in Kormos Buchwald, *et al.*, *Събрани съчинения*, том 10 (ref. 5), Doc. 211, pp. 496-497.
87. Айнщайн до Е.Пикуърт Фароу, 28 декември 1920 г., in Kormos Buchwald, *et al.*, *Събрани съчинения*, том 10 (ref. 5), Doc. 245, p. 542.
88. Айнщайн до Марсел Гросман, 12 декември 1920 г., in Kormos Buchwald, *et al.*, *Събрани съчинения*, том 10 (ref. 5), Doc. 148, pp. 428-430.
89. Айнщайн до Едгар Майер, 28 ноември 1920 г. (ref. 86).
90. Айнщайн до Е.Пикуърт Фароу, 28 декември 1920 г. (ref. 87).

(Jeroen van Dongen. *Reactionaries and Einstein's Fame: "German Scientists for the Preservation of Pure Science Relativity and the Bad Nauheim Meeting"*)
 Превод от английски: **М. Бушев**

100 ГОДИНИ ОТ ОТКРИВАНЕТО НА КОСМИЧНОТО ЛЪЧЕНИЕ

I част

Христофор Ванков

„Обектът на космичните лъчи е уникален в модерната физика поради неуловимостта на явлениято, деликатността на наблюденията, рискованите пътешествия на наблюдателите, тънкостта на анализа и величествеността на заключенията.“

Карл К. Дероу¹

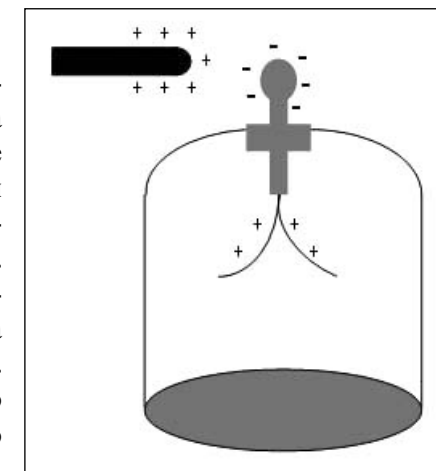
Част 1. Ранната история на космичното лъчение

През 2012 г. физиците ще отбележат стогодишнината на космичните лъчи с множество мероприятия като най-представителното ще бъде международната конференция близо до Берлин, в Бад Заароу/Писков, на брега на езерото Шармютцелзее. Мястото и датата (6-8 август) не са избрани случайно. Преди 100 г. на това място на 7 август се е приземил с балона си **Виктор Хес**, откривателят на космичното лъчение. Този негов полет, един от общо десет, е най-успешният и 7 август може да се счита за рожден ден на космичните лъчи. Двадесет и четири години по-късно, през 1936 г., Хес става Нобелов лауреат за откритието си. Но към това ще се върнем отново по-долу в тази статия.

Всъщност, историята започва по-рано и не свършва през 1912 г., а и участниците в нея са много повече от един. Някои от имената вече са забравени, а други са били просто пренебрегнати.

Предшествениците на В. Хес

В края на 19-ти век редица неочаквани открития променят представите ни за строежа на материята. През 1895 г. Рентген открива Х-лъчите (рентгеновите лъчи). През 1896 г. **А. Бекерел** открива явлениято радиоактивност. Година по-късно (1897) **Дж. Томсън** открива електрона. **Ъ. Ръдърфорд** изследва „лъчите на Бекерел“ в магнитно поле и установява, че те се състоят от два типа частици, които той нарекъл алфа и бета. **П. Уилард** в 1900 г. открива и трети вид неутрално лъчение, изпускано от урана, гама-лъчи. Станало ясно, че бета-частиците са електрони, а алфа – хелиеви ядра. Установено било също, че радиацията присъства навсякъде и йонизира въздуха, което



Фиг. 1. Електроскоп със златни листенца

давало възможност да бъде откривана и измервана с един прост прибор – електроскоп със златни листенца.

Още от времето на Кулон в края на 18-ти век е било известно, че зареденият електроскоп се разрежда спонтанно във въздуха. В началото на 20 век **Ч. Уилсън**, **Дж. Елстер** и **Х. Гайтел** интензивно изучават този въпрос, подобрявайки значително качествата на прибора. Експериментите са правени на различни места – на морско ниво, на планински върхове, в тунели и пещери и т.н. Изводът от техните изследвания е, че причината за разреждането даже на добре изолиран електроскоп е йонизиращо лъчение, идващо отвън в прибора. За кратко Уилсън допуска, че това лъчение може да има и извънземен произход („...дали непрекъснатата продукция на йони в въздух без прах би могла да се обясни с източници на радиация извън нашата атмосфера, възможно с лъчение като рентгеновите лъчи или катодните лъчи, но с много по-голяма проникваща способност.”) [1]. В крайна сметка се налага най-простото и¹ естествено предположение, че радиацията има земен произход и се дължи на радиоактивните елементи в почвата и атмосферата. “Малко вероятно е, следователно, че йонизацията се дължи на радиация, която преминава през атмосферата; изглежда, както и Гайтел счита, че това е свойство на самия въздух.” – пише Уилсън.

През първите години на 20 век са проведени многочислени експерименти за изучаване на йонизацията в атмосферата – с прибори от различни материали, при различна температура и налягане, на различни места, с екранировка, търсене на периодичност и т.н. (**Ръдърфорд** и **Х. Кук**, **Дж. Макленън** и **Е. Бъртън**) и др. [2] Общоприета остава хипотезата, че възможните източници на радиация са радиоактивни елементи в земната кора и атмосферата, но основната част идва от земната повърхност. Възможността радиацията, или поне малка част от нея, да има извънземен произход (например от Слънцето) [3], не е абсолютно изключена.



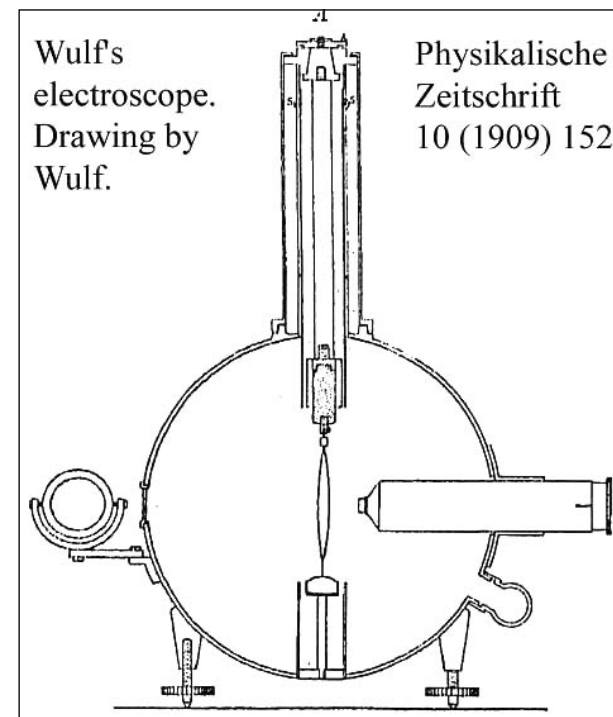
Фиг. 2. Теодор Вулф

През 1910 г. отец **Теодор Вулф** прави четири измервания с електроскоп на Айфеловата кула в Париж. Вулф е немски физик и свещеник, преподаващ в йезуитски колеж във Валкенбург, Холандия. Година преди това той подобрява значително електро-скопа като заменя деликатните златни листенца с две опънати метализирани кварцови нишки. Когато електроскопът е зареден тяхното разделяне се измерва с микроскоп. Този електроскоп е значително по-точен и е известен като „електрометъра на Вулф”. По-късно е използван и от Хес и Миликан. Преди опитите в Париж Вулф прави измервания в Алпите, във варовиковите мини край Валкенбург, в пещера и др. Макар и нееднозначни, резултатите сочат земната повърхност като източник на радиацията.

Трябва да се отбележи, че по това време вече са правени измервания на йонизацията на големи височини с балони. Идеята е проста – ако радиацията идва от земната

повърхност, то на голяма височина тя би трябвало силно да намалее поради поглъщането ѝ в атмосферата. Първите известни полети с балон са били на **Херман Еберт** до височина 3770 м през 1900 и 1901 г., а през периода 1909 – 1911 г. **К. Бергвитц** и **А. Гокел** са направили няколко полета. Докато измерванията на Бергвитц са под въпрос поради повреда в прибора му, резултатите на Еберт (Еберт е използвал своя конструкция електроскоп) показват някакво нарастване на скоростта на разряда с височината. Изводът на Гокел е, че „има намаление на проникващата радиация, но далече не до степента, която се очаква, ако радиацията идва главно от земната повърхност.”

Т. Вулф, макар и убеден, че източникът на радиацията е земната повърхност, също е планирал полети с балон за да изследва вариациите на йонизацията с височината. За да избегне трудностите на балонните измервания обаче (риск, малка продължителност, непрекъснато променящи се метеорологични условия, не достатъчно точно определени височина и положение), той решава да направи по-продължителни измервания по всяко време на деня върху една и съща стабилна платформа, каквато е Айфеловата кула. Резултатите от измерванията, правени около Великден на 1910 г., са показани в следващата таблица [4]. Показани са и резултатите от опитите във Валкенбург и в основата на кулата (boden), единиците са *йони в куб.см за секунда*. Вижда се, че на върха на кулата на разстояние 300 м от земната повърхност



Фиг. 3. Електроскопът на Вулф

Datum	O r t	Ionen
		ccm sec
28. März	Valkenburg	22,5
29. "	Paris, Boden	17,5
30. "	" Eiffelturm	16,2
31. "	" "	14,4
1. April	" "	15,0
2. "	" "	17,2
3. "	" Boden	18,3
4. "	Valkenburg	22,0

Табл. 1. Резултатите на Т. Вулф от измерванията на Айфеловата кула

скоростта на йонизацията е само с около 40% по-малка. Но резултатът е неочакван! Според експерименталните данни тогава и пресмятанията на Вулф, на разстояние 300 м от източника интензитетът на гама-лъчите би трябвало да бъде само няколко процента от първоначалния. Вулф прави извода, че „или друг източник на гама-лъчи съществува в горните слоеве на атмосферата, или поглъщането на гама-лъчите във въздух е много по-слабо, отколкото се е считало до сега”.

Опитите на Вулф се считат за едно от първите значими доказателства за съществуването на радиация с извънземен произход. По същото време **Доменико Пачини** активно изучава вариациите на йонизацията в зависимост от средата, в която е разположен електроскопа.

Кой е Доменико Пачини? Забравено (или пренебрегвано?) име на италиански физик, чийто принос за откриването на космичното лъчение се оказва съществен. То стана популярно едва през последните две години благодарение на **проф. А. Де Анджелис** от Университета в Удине [5].



Фиг. 4. Доменико Пачини

Д. Пачини е роден през 1878 г. в Марино, близо до Рим. Завършил е физика в Университета на Рим. Работил е в италианското Централно бюро по метеорология и геодинамика, след това става пълен професор през 1928 г. в Университета на Бари. Умира в 1934 г. Изследвал е проводимостта на газове и електрически явления в атмосферата, слънчевата радиация, земния магнетизъм, радиоактивността. Бил е експерт в работата с електроскоп.

Първите измервания на Пачини с усъвършенствуван от него вариант на електроскопа на Еберт са били с цел да изследва вариациите на скоростта на разряда на електроскопа в различни среди – на земната повърхност, в планината, на повърхността на езеро и море далече от брега. Морските експерименти той правил с помощта на италиански военен кораб. Неговият извод е, че „в рамките на хипотезата, че произходът на цялата проникваща радиация е в почвата <...> не е възможно да се обяснят получените резултати”. По-късно, както вече споменахме по-горе, Гокел прави същия извод.

Решаващите си експерименти Пачини прави през май-октомври 1911 г. Той подготвя електроскоп за измерване под вода и през юни прави опити в морето близо до Ливорно, а по-късно и в езерото Брачиано. Измерванията на 300 м от брега и на 3 м дълбочина във водата показват, че скоростта на разряд на електроскопа е с 20% по-ниска под водата отколкото на морската повърхност, което е в съгласие с предположението, че радиацията идва отвън. Резултатите на Пачини са публикувани в списанието *Nuovo Cimento VI/3* (1912) 93. Изводът, който прави е, че “съществена причина за йонизация съществува в атмосферата, която се дължи на проникваща радиация, независима от радиоактивните субстанции в почвата.” Това важно откритие Пачини прави

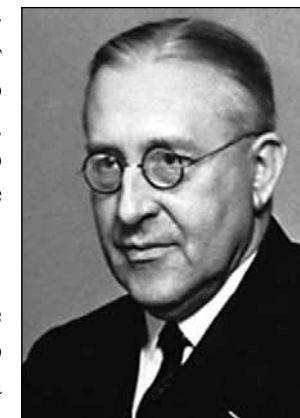
една година преди опитите на Хес! Необходимо е да се отбележи също, че измерванията под слой вода (грунт) слагат началото на нова методика в изучаването на космичното лъчение, широко използвана и до днес. Причината за това е, че за изучаването на поглъщането на това силно проникващо лъчение са необходими дебели слоеве материал и водата се оказва много подходяща.

Виктор Хес

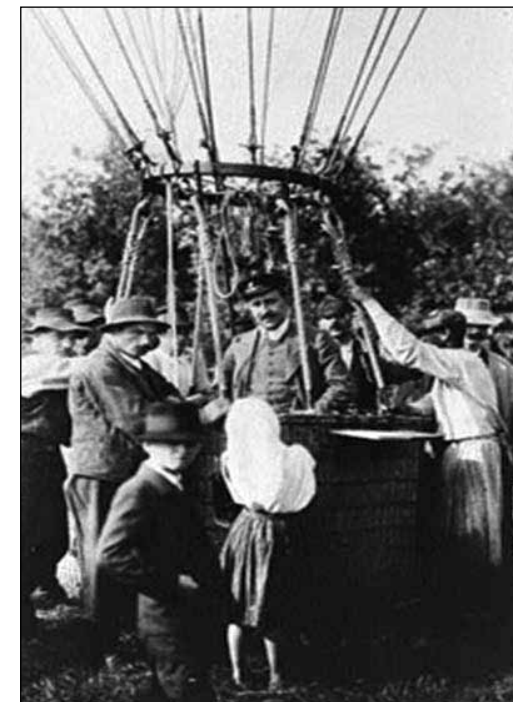
Откривателят на космичното лъчение Виктор Хес е роден на 24 юни 1883 в Австрия. Получава образованието си изцяло в Грац, където завършва гимназия, университета и получава докторската си степен през 1910 г.

През периода 1910–1920 г. работи като асистент на проф. Стефан Мейер, директор на Радиевия институт на Виенската академия на науките. През 1919 г. е удостоен с премията „Лийбен” (Lieben Prize) за откритието на „ултра-радиацията” (космичното лъчение) и година след това става извънреден професор по експериментална физика в Университета на Грац. Две години (1921–1923) е работил в САЩ като директор на изследователска лаборатория към Щатската радиева корпорация. От 1931 г. е редовен професор в Грац, а от 1931 г. е професор в Университета на Инсбрук и директор на новосъздадения Институт по радиология. Близо до Инсбрук той създава планинска станция (2300 м надморска височина) за изучаване на космичното лъчение. През 1936 г. за откриването на космичното лъчение Хес получава Нобелова награда. Заедно с него с наградата е удостоен и Карл Андерсън за откритието на позитрона. Следващата година Хес се връща като професор в Грац и директор на институт по физика. Два месеца след „аншлуса” на Австрия той е уволнен и поради заплаха за арест и концлагер (жена му е била еврейка) напуска страната. Емигрира в САЩ, където му е било предложено място на пълен професор в Университета „Фордъм” в Ню Йорк. Там живее до смъртта си през 1964 г.

Резултатите от множеството измервания на йонизацията в атмосферата и загад-

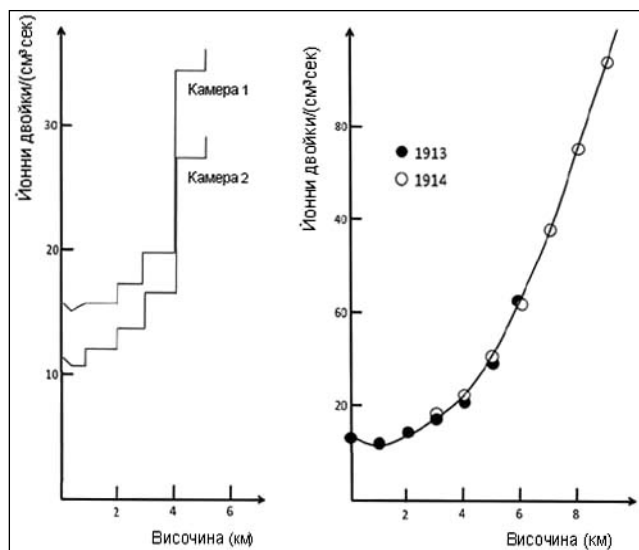


Фиг. 5. Виктор Франц Хес



Фиг. 6. В. Хес преди полета си на 7 август 1912 г.

ката на проникващата радиация налагат необходимостта да бъдат проведени опити на голяма височина с балони и с по-прецизни прибори. До този извод стига и Хес, изучавайки резултатите на Вулф и проверявайки експериментално пресмятанията на коефициентите на поглъщане на гама-лъчите във въздух. При това той оценя височината, на която идващата от земята радиация би трябвало напълно да се погълне и йонизацията на въздуха да спре – около 500 м. При първия си полет на 28 август 1911 г. Хес се издига на 1070 м. Общо той прави 10 полета, 7 от които през 1912 г. Хес сам е правил измерванията в откритата гондола с усъвършенствани от него прибори. Той е мерил с два херметично затворени прибора с дебели стени подобни на електрометъра на Вулф с постоянно налягане в тях. Имало е и трети прибор с тънки стени за оценка на влиянието на бета-лъчите върху измерванията. Най-успешен се оказва полетът на 7 август 1912 г. и тази дата може да се счита, макар и условно, за дата на откриването на космичното лъчение. На този ден балонът, пълен с водород, с трима души на борда – навигатор, метеоролог и самият Хес, излита от място близо до град Аусиг в Австрия и след шестчасов полет се приземява близо до град Писков на около 50 км от Берлин. Балонът достига до 5350 м височина и получените резултати са впечатляващи. От фигурата [5] се вижда, че отначало скоростта на йонизация пада слабо с височината



Фиг. 7. Резултатите на Хес и Колхьорстер

на слънчево затъмнение трудно е да се разглежда Слънцето като източник в случай, че се има предвид гама-лъчение с праволинейно разпространение.”

На същата фигура са показани и резултатите на **В. Колхьорстер**, получени малко по-късно и с по-съвършен прибор.

Колхьорстер е летял пет пъти с балон и е успял да достигне височина 9300 м. Въпреки, че първоначално той е имал възражения към опитите на Хес, измерванията

и минавайки през минимум започва да нараства, достигайки стойности няколко пъти по-високи от тези на земята.

Изводите на Хес, публикувани през 1913 г. във *Physikalische Zeitschrift* са: „Резултатите от наблюденията най-добре могат да бъдат обяснени с предположението, че лъчение с висока проникваща способност влиза в нашата атмосфера отгоре и даже в ниските слоеве произвежда част от йонизацията, наблюдавана в закрити съдове... Тъй като не наблюдавах намаление на интензитета на лъчението нито нощем, нито по време

му напълно потвърждават неговите резултати. На височина над 9000 м йонизацията нараства повече от 10 пъти. Оценката на коефициента на поглъщане на лъчението, идващо от извънземното пространство, е около 10^{-5} см^{-1} . Това означава, че лъчението е много по-проникващо от всички известни тогава гама-лъчи. Лъчението било наречено „ултра-гама радиация” (*ultragammastrahlung*) от Хес или „височинно лъчение” от Колхьорстер. Наричали са го и „излъчване на Хес”. Названието „космично лъчение” се появява по-късно, през 1926 г., „кръстник” е **Р. Миликан**. От 1912 г. до Нобеловата премия на Хес остават цели 24 години.



Фиг. 8. Вернер Колхьорстер

Някои коментари

Резултатите на Хес получават широка известност сред физическата общност. Вече няма съмнение, че отгоре идва някакво проникващо лъчение. Разбира се, в изводите си Хес предполага даже, че това лъчение има извънземен произход и отхвърля Слънцето като възможен източник.

Очевидно е, че Вулф и Пачини имат съществен принос за откриването на космичното лъчение, но не получават широко признание. В доклада на Комитета по предложенията за Нобеловите награди през 1936 г. името на Вулф изобщо не се споменава. Може би (има и такова предположение) значението на експеримента му губи блясъка си от факта, че е правен на Айфеловата кула? Мястото е уникално, по онова време това е било най-високата и най-голяма метална конструкция в света. И самият Вулф е считал, че не може да се изключи възможността тази грамада от метал да привлича по някакъв (неизвестен) начин радиоактивни елементи.

Пачини е споменат в доклада на Нобеловия комитет сред имената на дузината учени допринесли за откритието, но след това работата и името му са забравени. Той никога не е бил номиниран за Нобелова премия. Хес е бил номиниран три пъти, а през 1936 г. Пачини вече не е бил между живите. Практически името му не се споменава (с едно-две изключения) в ревютата, посветени на космичното лъчение. Проф. Де Анжелис анализира този въпрос и счита, че причините за това са няколко. На първо място все пак е обстоятелството, че с методиката си Пачини не може категорично да изключи атмосферния произход на радиацията. Пачини е живял в едно твърде сложно време на трудни комуникации, езикови бариери и засилен национализъм преди и особено след Първата световна война. Съперничеството между САЩ и Европа също е изиграло своята роля. Освен това самото италианско академично общество се е отнесло с безразличие към резултатите на Пачини и не го е номинирало за Нобелова награда. Известно е, че Пачини е бил обикновен и стеснителен човек. Не е имал възможност да ходи по международни конференции поради недостиг на средства и липсата на академична свобода. Хес и Пачини разменят няколко писма в 1920 г., 8 години след полетите на Хес и в едно от тях Хес признава, че Пачини има приоритет в твърдението „че съществува радиация

не от земен (*non terrestrial*) произход от 2 йона в куб.см за секунда на морско ново”, но добавя, че „демонстрацията на съществуването на нов източник на проникваща радиация от горе идва от моя полет с балон до височина 5000 m на 12 август 1912 г., при който аз открих огромно нарастване на радиацията над 3000 m.” [5]

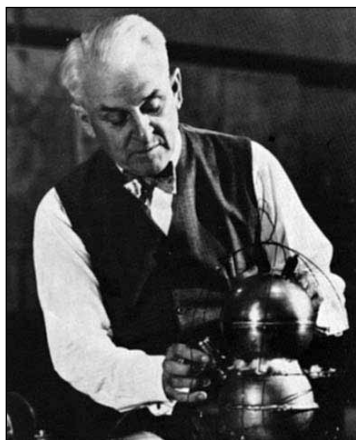
Интересно е да се отбележи, че проф. **Едуардо Амалди**, съратник на Ферми и един от основателите на ЦЕРН и негов директор през годините 1952 – 1954, е считал Пачини за откривател на космичното лъчение [5].

В заключение на този коментар ще цитираме отново проф. Де Анжелис, че откриването на космичното лъчение е резултат от усилията на много хора, но различни исторически, политически и персонални фактори са допринесли за нечестно или некоректно признаване на ранните работи в историята на космичните лъчи. Впрочем, това се проявява и в по-късното развитие на тази история. И едва ли би учудило всеки интересуваш се от историята на науката изобщо.

Изследванията след Първата световна война

По време на Първата световна война и няколко години след нея няма съществено развитие в изследванията на проникващата радиация в атмосферата. Изводите на Хес и потвърждението им от Колхьорстер се възприемат от много физици, но срещат и много възражения. Необходимо било да бъдат отхвърлени съмненията за съществуването на радиоактивни елементи натрупани във високите слоеве на атмосферата. Колхьорстер продължава опитите си даже по време на войната в метеорологична станция потвърждавайки предишните си резултати. Някои от другите експерименти оспорват изводите на Хес. Щепомним, че по това време се е предполагало, че проникващата радиация са били известните тогава гама-лъчи, но със значително по-висока проникваща способност.

Скоро след войната центърът на изследванията на височинното лъчение се премества в САЩ. Около 1923 г. започват интензивни изследвания и в групата на **Л. Мисовски** [6] в Русия, тогава СССР. Групата на Р. Миликан разработва леки самозаписващи прибори – електроскоп и термометър, които те използват за балонни измервания без екипажи на големи височини.



Фиг. 9. Роберт Миликан

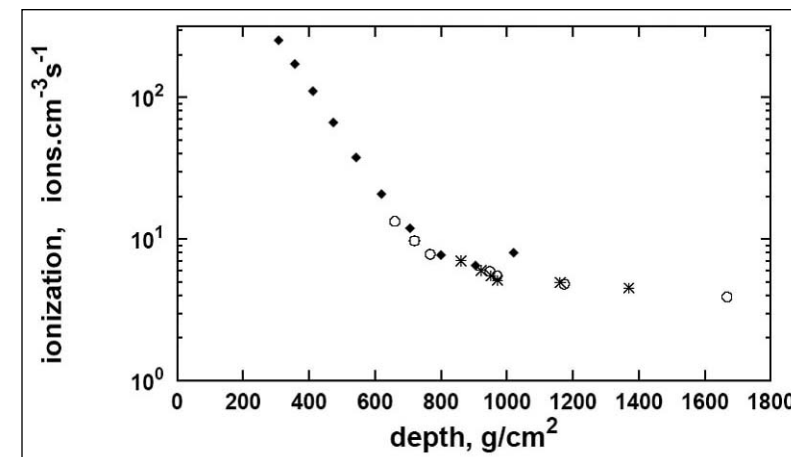
През 1922 г. по този начин те успяват да направят измервания до височини до около 11-15 км. Резултатите са удивителни – на височина над 5 км скоростта на разряд на електроскопа се оказва само една четвърт от стойността, очаквана от кривата на Хес-Колхьорстер. Изводът на Миликан е, че не съществува радиация от извънземен произход и че коефициентът на поглъщане е близък до този на гама-лъчите от радиоактивните елементи. Втора серия от експерименти, включително и на планински височини (над 4000 м) с екраниран с олово прибор, затвърдяват това убеждение на Миликан. Причините за тези резултати са както геомагнитни ефекти, така и експериментални неточности, грешки и неправил-

на интерпретация. През 1923 г. Миликан получава Нобелова премия за елементарния електрически заряд и авторитетът му в САЩ е огромен. Затова по-късно Мисовски си спомня, че за малко Миликан „да закрие” космичните лъчи.

През юли 1925 г. Мисовски и **Л. Тувим** определят коефициента на поглъщане на височинното излъчване във вода. Измерванията са направени на брега на Онежското езеро на 500 м от брега с прибор на дълбочина до 10 м. Въпреки невисоката точност на измерванията резултатите определено показват, че съществува проникващо лъчение различно от гама-лъчите от радиоактивните вещества. Измереният коефициент на поглъщане на това лъчение се оказва над 10 пъти по-малък от този на гама-лъчите на RaC и ThC. Тук ще споменем и за други важни открития на двамата руски физици. През 1925 г. те правят извод, че космичните лъчи идват от всички направления. В опитите си те използват като екран голямата маса вода във водонапорната кула, висока 35 м, на Политехническият институт в Ленинград (днес Санкт Петербург). По-късно, в 1926 г., те откриват зависимостта на интензитета на космичното лъчение от атмосферното налягане, т.нар. **барометричен ефект**. Установено било, че при увеличението на налягането с 1 мм живачен стълб интензитетът намалява с 0.7%. През 1928 г. те започват да изучават т.нар. **преходни ефекти**, които възникват при преминаването на лъчението от една среда в друга, например от лека в тежка.

През септември 1925 г. Миликан и Г. Камерън [7] правят серия от подобни опити, но с далече по-съвършена апаратура, потопена на различни дълбочини в две високопланински езера в южна Калифорния – езерото Мюир на 3590 м надморска височина и езерото Ероухед на височина с 2060 м по-ниско от Мюир, т.е. разликата във височините е около 2 м воден еквивалент. Резултатите от тези измервания са показани на фигурата с кръстчета и кръгчета, сравнени с резултатите от балонните измервания на Колхьорстер (ромбчетата) [8].

Дълбочината е в единици грамове на 1 кв.см. Сравнението на йонизацията в двете езера показва, че разликата идва точно от абсорбцията в атмосферата. Тези резултати най-накрая убеждават Миликан, че „лъчите ид-



Фиг. 10. Йонизацията като функция на дълбочината в атмосферата. Резултатите от полета на Колхьорстер са показани с ромбчета, останалите символи са резултати от подводните измервания на Миликен

ват определено отгоре и че техният произход е изцяло извън слоя на атмосферата между нивата на двете езера”. Резултатите показват също, че кривата на поглъщане не може да се опише с един абсорбционен коефициент. Това се вижда и от фигурата и днес знаем, че причината за това е измерването на поглъщането на две различни компоненти на космичното лъчение.

Миликан първи нарича проникващото лъчение „космични лъчи” в лекцията си в Университета на Лийдс през 1926 г. Популярността му по това време в САЩ е огромна и той получава множество похвали за експериментите си в снежните езера. В пресата дълго време наричат космичните лъчи „лъчите на Миликан”, считайки го за откривател, а откритето за успех на американската наука. Никой не споменава работите на Хес и Колхорстер. Това принуждава Бергвитц, Хес, и Колхорстер да подчертаят приоритетите си в статия, публикувана през 1928 г. в Zeit.Phys. След присъждането на Нобеловата награда на Хес през 1936 г. Миликан топло поздравява Хес, подчертавайки, че „Хес...е бил най-ранния жив експериментатор в иниципирането на нова област на физическото знание”.

Говорейки за приоритети, ще припомним факта, че първите подводни измервания са направени от Пачини. Вероятно Мисовски не е знаел за това, а и Пачини е публикувал на италиански. Известно е също, че Вулф е правил измерване, потапяйки електроскопа си на 1 м дълбочина в малък басейн с вода, регистрирайки слабо намаление на скоростта на йонизация.

И така, едва към 1928 г. изчезват съмненията за съществуването на космичните лъчи, т.е. цели 16 години след полетите на Хес. Причината за този дълъг период са специфичните трудности пред изследователите – ниският интензитет на космичното лъчение, водещ до необходимостта от измерване на много малък брой йони в относително голям обем въздух или газ, несъвършените прибори, рисковете и трудностите на балонните измервания на големи височини и във високите планини. Още над 20 години са били нужни на физиците, докато около 1950 г. става известен съставът на космичните лъчи в най-общи черти. Ще напомним, че още от времето на Хес се е предполагало, че проникващата радиация са били известните тогава гама-лъчи, но със значително по-висока проникваща способност. До 1929 г. никой не се е съмнявал в това и въпросът не е бил обсъждан. Самият Миликан е имал своя хипотеза за произхода на космичните лъчи. Той предполагал, че те са гама-лъчи с енергии в диапазона 30 – 250 MeV, които се образуват в междувъздушното пространство при нуклеосинтеза на елементите по-тежки от водорода – хелий, азот, въглерод, кислород, силиций.²

Съществен момент в историята на космичните лъчи е влиянието на развитието на експерименталната техника. Всеки значителен напредък е свързан с нови или силно усъвършенствани прибори и техники на измерване. Така например електроскопът е бил използван много години преди началото на изучаването на проникващото лъчение в първите години на 20-ти век. Но значителен напредък в тези изследвания настъпва след усъвършенстването му, най-напред от Вулф през 1909 г. По-късно Еберт използва електрометър с нова конструкция. Особено съществен е напредъкът след появата на самозаписващите прибори. За първи път групата на Миликан въвежда електроскопи

със запис на показанията им върху фотографски филм. По-късно Ерик Регенер усъвършенствува значително тази техника. Всичко това силно повишава чувствителността на инструментите и, което е особено важно, разширява областта на приложението им. Стават възможни по евтини полети на балони без екипаж и без риск на много големи височини, също и измервания на големи дълбочини във вода. Особено голям е напредъкът в развитието на експерименталната техника в периода след 1928 г., когато физиците се научават да броят частиците. Тогава фокусът на изследванията стават природата и произхода на космичното лъчение. Тази част от нашата история ще бъде разказана във втората част на настоящата статия.

(Продължение в кн. 3/2012 г.)

Използвана литература

1. **Wilson, C.T.R.**, On the ionisation of atmospheric air, Proc. Roy. Soc. of London **68** (1901) 151-161.
2. **Xu, Qiaczhen and Brown, Laurie M.**, The early history of cosmic ray research, Am. J. Phys. **55** (1), 23 (1987).
3. **Cline, G.A.**, On the penetrating radiation at the surface of the Earth, Phys.Rev. (Series 1) **30**, 35 (1910).
4. **Gbur, G.**, “Paris: city of lights and cosmic rays.” [http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/2011/07/04/paris-city-of-lights-and-cosmic-rays/]
5. Тук е даден списък на всички работи през последните две години, посветени на ролята на Д. Пачини в историята на откриването на космичното лъчение и използвани в настоящата статия: **De Angelis, A.**, arXiv:1103.4392; 1002.1810; 1101.0315; **Carlson, P and De Angelis, A.**, arXiv:1012.5068 [physics.hist-ph]; **Giglietto, N.**, arXiv:1101.0398 [physics.hist-ph]; **Paccini, D.**, arXiv:1001.1810 [статията е превод на английски от проф. Де Анжелис с малък коментар на оригиналната статия на Пачини в Nuovo Cimento VI/3 93 (1912)].
6. **Дорман, И.В.**, История исследования космических лучей. В сб. ”Космические лучи”, №24, стр.5, Москва 1987.
7. **Милликэн, Р. и Кэмерон, Г.**, УФН, т.9, вып.1, стр.1 (1929); УФН, т.8, вып.2, стр.121 (1928) [статии са превод на руски от оригиналните статии на Миликан в Phys.Rev., October, 1928 и Nature, Suppl .Jan. 7, p.19, 1928]
8. **Stanev, T.**, High energy cosmic rays, Springer 2004.

Бележки

1 – Карл К. Дероу (1891-1982) – дългогодишен секретар на Американското физическо общество, ученик на Р. Миликан. [цитатът е взет от доклада на проф. А. Уотсън на 32 Межд. конф. по космични лъчи в Пекин, 2011 г.]

2 – Днес знаем, че съществуват и космични гама-лъчи, чийто поток е много по-малък от общото космично лъчение и те се изучават от гама-астрономията.

НАУКАТА В РУСИЯ И В СЪВРЕМЕННИЯ СВЯТ

Владимир Захаров



1. Въведение

Луи Пастър беше казал: „Науката трябва да бъде най-възвишеното възплъщение на Отечеството, защото от всички народи пръв ще бъде онзи, който изпревари другите в областта на мисълта и умствената дейност”. Тези забележителни думи са цитирани в Посланието на президента Медведев от 12 ноември 2009 г. Обаче едновременно намаляване

с 11,8% на бюджета на Руската Академия на науките, одобрено от Думата и Федералното събрание, се намира в рязко противоречие с тези думи. Нашият политически елит сметна разходите за наука за ненужни и безполезни, признавайки по такъв начин, че Русия няма намерение да изпреварва другите народи „в областта на мисълта и умствената дейност”.

И това става в момент, когато руската наука се намира в критично лошо състояние – по-лошо отколкото през изминалите 285 годни от своето съществуване. Финансирането на науката е съвсем недостатъчно, и изтичането на младите учени в чужбина продължава. Ако пък това става с по-слаби темпове, то е само защото самата младеж намаля. Що се касае до финансирането, уместно е да се приведат няколко цифри.

Бюджетът на Академията, с всичките нейни около двеста научно-изследователски институти и центрове, архиви и библиотеки, е около един милиард долара за година. Научните сътрудници, работещи в академичните институти са близо петдесет и пет хиляди души, а общият брой на хората, финансирани от бюджета на Академията, е над сто хиляди.

Един милиард долара е бюджетът на добър американски университет. Само част от тази сума (от 1/5 до 1/3) се покрива от таксите на студентите за обучение и грантове, получавани от професорите, останалата част от бюджета са от средствата на щата, в който е университетът (ако университетът е държавен), или от доходи от благотворителни фондове (ако университетът е частен). В университета има около три хиляди преподаватели – професори от трите нива и лектори. А такива университети в САЩ са повече от сто.

Недофинансирането на руската наука е въпиющ факт. Стипендията на аспирант в академичен институт е около 1500 рубли. А какво е отношението на обществото към това?

Някои твърдят, че изселилите се са неудачници, не успели да намерят достойно

място в родината си. Това твърдение е коренно погрешно. Много от тях бяха направили отлична кариера в Русия – бяха станали професори, академици, ръководители на институти и лаборатории. Те не бяха богати хора, ако под това се разбира достойно място в родината им, а напротив, унижително ниските им заплати ги принудиха да заминат на места, където се цени талантът и квалификацията им на учени.

Могат да се чуят и други гласове: да, наистина науката в Русия умира. Това е тъжно, но не трагично. Това всъщност е естествен закономерен процес. Русия ще мине и без наука. По света съществуват общества, които си живеят отлично и без наука.

При такъв възглед за науката, обаче, остава непонятен въпросът: защо по света се прави толкова скъпоструващата наука? Защо се изгражда адронният колайдер, извежда в космоса телескопа „Хъбъл”, изпращат се сонди към далечните планети, провеждат се археологични експедиции или изучават древни текстове? Отговорът е прост – защото светът е мястото, където става развитието на цивилизациите, а науката е от най-важните компоненти на цивилизацията.

У нас липсва адекватно разбиране на ролята на науката в човешкото общество. Съществува съмнителната шега, че учените удовлетворяват собственото си любопитство за държавна сметка. Разбира се, че те удовлетворяват любопитство, но това е безценното любопитство към тайните на природата. Наистина, вестник „Ню Йорк Таймс” всеки ден публикува за новости в бизнеса. Но веднъж седмично, в сряда, има обширен материал, посветен на новостите в науката. Чувството, че науката напредва, носи удовлетворение: всичко върви както трябва! Прогресът на науката играе ролята на социален стабилизатор. Общество, в което се уважава науката, е здраво общество. Там не е необходимо да се бориш с антинауката, там не виреят така буйно шаманите, магьосниците и заклинателите на зли духове.

Най-важното съчетание на двете думички „фундаментална наука” отсъства от лексикона на нашия политически елит. Даже най-отговорната част от нея гледа на науката чисто утилитарно, като поддръжка при създаването на новите технологии. В резултат руската наука може да се сравни с тежкоболен пациент, който никога не иска да лекува. Не е за учудване, че учените са обхванати от отчаяние, в това число и отзовалите се извън страната „неудачници”. Неотдавна група руски учени, временно или постоянно работещи в западни университети, се обърнаха с открито писмо към Президента и към Председателя на Правителството на Руската федерация с призив за спасяване на руската наука. Наистина, не с всички предложения в това писмо трябва да се съгласим, но едно е несъмнено – то е написано от хора, притежаващи в научния свят утвърдено име и с искрена загриженост за бедственото положение на руската наука. То предизвика някои отклици, но като цяло, реакцията на обществото беше вяла, предубедена и хладна.

Особено противопоставяне предизвика предложението за влягане на големи средства за строителството на ускорител за елементарни частици от ново поколение. Това отхвърляне говори много за болнавото състояние на умовете в съвременна Русия. У нас се готвят да провеждат Олимпиада, мотивирайки се с укрепването на международния

престиж на страната. Но нали строителството на съвременен ускорител, който впрочем струва много по-малко отколкото олимпийските съоръжения и инфраструктура, би повишило престижа на Русия значително повече. Олимпиадата е еднократно събитие, за което скоро всички ще забравят. А ускорителят ще работи поне половин век и със самия факт на своето съществуване ще утвърждава принадлежността на Русия към цивилизованите държави. Около него ще се изгради образователен център, където ще се провежда активно международно сътрудничество.

За онези, които мислят, че цивилизацията и културата не са ни необходими, да разгледаме практическата полза от науката. В последно време много се говори за необходимостта от иновационни пробиви и развитие на новите технологии. Защо не се обръща внимание, че развитите страни по света именно сега, по време на финансова криза, рязко увеличават разходите за наука? Защо американският президент Барак Обама казва, че „днес науката е нужна повече откогато досега“, обявява науката за главен приоритет на страната и увеличава финансирането на „целия спектър на фундаменталните науки“ два пъти! Защо френският президент Никола Саркози, разпределяйки огромното допълнително финансиране по пет стратегически направления, на първите две места поставя образованието и научните изследвания, а едва след това промишлеността и прочее? Това е защото без наука не може да има никакви иновационни пробиви. Една от най-важните функции на фундаменталната наука е че тя поставя основите на технологиите на бъдещето. Те не могат да бъдат предвидени лесно. Ни Херц, ни Мендел, правейки своите опити, не са могли да си представят ни телевизията, ни генното инженерство.

Заслужава да се замислим за това колко силно и необратимо науката изменя света, колко бързо става това, което наричаме прогрес. Хората имат навика да възприемат прогреса като нещо задължително без да си задават въпроса: защо впрочем става това? Включваме светлината, забравяйки, че използването на електричеството се основава на великите открития на Фарадей. Гледаме телевизора, забравяйки, че иконоскопът е измислен от Владимир Зоркин. Щракаме с цифровата камера, без да мислим за китаеца Кеуне Као. Гълтаме жизнено важни лекарства, без да мислим за техните създатели. Пълним резервоарите на колите си с бензин, без да се замислим как са били открити местонахожденията на нефт. А зад всяка от тези всекидневни привилегии стои име, и това е името на учен. Днес се води голяма битка за огромното Щокманско местонахождение на газ. А защо се нарича така? Защото е било открито от борда на изследователския кораб „Професор Щокман“, наречен така в чест на забележителния наш океанолог Владимир Борисович Щокман.

Занапред значението на науката в живота на обществото само ще се увеличава. Човечеството не може да намали своята зависимост от науката или да спре използването на научните резултати. След трийсет, максимум след петдесет години запасите от нефт ще свършат. Какво ще правим тогава? Проблемът с алтернативните източници на енергия може да бъде решен само от науката. Периодически възникват нови щамове вируси, ваксина за които може да намери само науката. Антропогенното налягане

върху планетата Земя нараства непрекъснато: ако глобалното затопляне продължи, много градове, в това число и нашия Санкт-Петербург, ще се окажат под водата. Да се противопостави на това грандиозно предизвикателство човечеството може само при пълно и мащабно използване на мощта на науката. Днес у нас се водят доста нервни спорове за миналото на Русия. Няма ли в това скрит страх от бъдещето?

Следващата функция на науката е образованието. Често се цитира приписваният на Плутарх афоризъм: „Студентът не е съд, който трябва да бъде напълнен, а факел, който трябва да бъде запален“. Да запали може само този, който сам гори. Участието на учените, заети с фундаментални изследвания, в образователния процес дава възможност наистина да се възпитат първокласни специалисти. Тя им дава възможност да усетят аромата на научното творчество. Може би само малка част от тях ще станат професионални учени, затова пък частните и държавни компании, ангажирани с производството на нови технологии, ще получат млади и ценни сътрудници, способни да извършат „иновационния пробив“.

Още една важна функция на науката е експертната. Ученият не може да достигне успех, ако постоянно не подлага на съмнение това, което прави. Учените представляват най-трезвата и критично мислеща част от обществото. Пренебрежителното отношение към научната експертиза води до това, че потокът от лъженаука коства на обществото извънредно скъпо, особено когато е съчетано с непрофесионализма и корупираността на чиновниците.

Науката не само изгражда основите на технологиите на бъдещето, но участва активно и при създаването на технологиите на настоящия ден. В динамичния Запад с изострено внимание се следят локалните постижения на учените: достатъчно е да се появи надежда за осъществяване на някакъв технически прогрес, незабавно възникват неголеми частни компании. Това се нарича “spin-off“ продукт. Инвеститорите влагат средства в стотици рискови направления, приемайки, че даже при 1% успех от проектите разходите им ще се възвърнат многократно.

Разбира се, да се търси отговорност на учените за внедряването на нови технологии в промишлеността не е правилно. За това са отговорни специализираните компании, в които работят стотици и хиляди хора. Работата на учените е научното търсене, възпитаване на ново поколение професионалисти и експертна функция. Например, професор в технически университет, специалист по парни турбини, не е длъжен сам да проектира нови турбини. Но той е длъжен да знае какви турбини кога и къде са работили и работят, какво може да се случи при тяхната експлоатация, какви са типичните им недостатъци и какви са критичните им натоварвания. При необходимост той може да възглави комисия по изучаване на причините за авария. И своите знания да предаде на студентите, предоставяйки на промишлеността добре обучени специалисти. Това е истинското място на учените в промишлеността.

2. Науката се стреми да развива цялото грамотно човечество

В кои страни днес науката е силна? Като един от най-важните критерии може

да ни послужи списъкът на най-добрите 200 университети по света [1]. По западния свят научната активност е съсредоточена, основно, в университетите. В научно-изследователските лаборатории, такива каквито са националните лаборатории на САЩ или обществото Макс Планк в Германия, работят относително неголям брой научни сътрудници: около петнайсет хиляди в Макс Планк и около дваисет хиляди в националните лаборатории на САЩ. В Русия по традиция е създадено известно по-голямо разделение на научно-изследователската работа и образователния процес. Въпреки че сътрудниците на академичните институти четат активно лекции на студентите от университетите, най-плътното взаимодействие на учените със студентите настъпва едва на нивото на обучение за магистратура, когато младите бакалаври постъпват в аспирантура. Това има и своите преимущества: освободените от преподавателска натовареност аспиранти (в западните университети значителна част от времето си те са задължени да работят като асистенти на преподавателите си) и техните наставници могат да се отдадат напълно на научните си търсения. Като резултат, качеството на нашите кандидатски дисертации като цяло е по-добро от западните и без колебание те могат да се приравнят към PhD. Университетите не попадат в списъка на най-добрите, ако в тях не се водят сериозни изследвания в областта на фундаменталните науки и в тях не работят учени със световно име. Особен престиж имат университетите, в които преподават Нобелови лауреати или Филдсови медалисти. Методиката на съставяне на списъка на най-добрите университети на света не е идеален, но не предизвиква никакви сериозни съмнения в общността.

Сравняването на тези списъци от различни години показва, че те са много динамични – едни университети се движат нагоре, други надолу. Както и трябва да се очаква, най-много добри университети (52) се намират в САЩ. На първо място сред тях и въобще в списъка е Харвард. На второ място – Кеймбриджският университет в Англия. Англия заема твърдо второто място (26 университета). Трето – пето място (с по 11 университета) делят Холандия, Япония и Китай. Канада и Германия (с по 10 университета) заемат шесто и седмо място. Следват Австралия (9), Швейцария (7), Белгия и Швеция (по 5 университета). Трябва да се отбележи, че скандинавските страни с неголямо население (Швеция, Норвегия, Дания, Финландия) се представят много достойно – единайсетото място в списъка. По три първокласни университета имат Франция, Израел, Южна Корея и Нова Зеландия. По два – Индия, Сингапур, Ирландия и Русия. И накрая, по един – Италия, Испания, Гърция, Австрия, Южна Африка, Мексико, Малайзия и Тайланд. Представените в списъка руски университети са Московския (155-о място) и Санкт-Петербургски (168-о място). Наистина подборът на университети е доста суров. Изхождайки само от собствен опит, мога да назова няколко други много добри американски и италиански университети, които не са попаднали в този списък.

И така, в списъка на двестата най-добри университети по света попадат практически всички страни от прословутия „златен милиард“. Освен това, представени са и две, средно, доста бедни страни като Индия и Китай, а също и редица от тъй нарече-

ните развиващи се страни. В страни, притежаващи такива университети и съответно развита наука, живее повече от половината на човечеството.

Но всъщност, има и страни от „втория ешелон“, влагащи големи усилия за да попаднат в този списък. Това са Бразилия, Аржентина, Чили, страните от Източна Европа, Португалия, Турция. Тези страни с всички сили се стремят да станат пълноправни членове на световната научна общност: активно провеждат международни конгреси и конференции, канят чуждестранни специалисти. Няма да бъдем удивени, ако към този списък скоро се добави и Иран. Тази страна е пълна с противоречия: от една страна там е архаичен теократичен режим, от друга – стремително развиваща се цивилизация.

И така, сумирайки, получаваме, че броят на страните, не жалещи средства и усилия за укрепването на своя научен потенциал, е над четиридесет. В тях живеят не по-малко от четвърт от човечеството. Любопитно е да съпоставим тази цифра с друга. По данни на ЮНЕСКО, около 20% от възрастното население на света е неграмотно, и само в петдесет страни от света децата учат в училища. Няма да бъде голямо преувеличение, ако кажем, че да се развива науката се стреми цялото грамотно човечество. Всички, с изключение на нас! Ние упорито продължаваме да считаме, че с чиста наука се занимават непрактичните чудаци. Считаме, че науката е излишно скъпо нещо.

Във връзка с това, интересно е да поговорим за непрактичните китайци, които имат единайсет университета, попадащи в списъка на най-добрите двеста. Само преди десет години в този списък попадеше само един от „традиционния“ Китай (без Хонконг) – Фуданският университет в Шанхай. Когато през 1999 г. бях поканен да прочета курс лекции в Пекинския университет, това учебно заведение произвеждаше съвсем скромно впечатление – но през 2007 г. аз отново попаднах там на една доста елитна конференция по интегрируеми системи и видях прекрасно съвременно здание, напълно наситено с най-доброто оборудване. Китайските ръководители не се стискат за пари за развитието на своята науката, приложна и фундаментална. В Китай едно след друго се провеждат крупни международни конгреси и конференции.

Неотдавна бяхме свидетели на забавен епизод, говорещ, впрочем, за много повече неща. Преди сто години Анри Поанкаре формулира една много изящна геометрическа хипотеза. На всички беше ясно, че нейното доказателство или опровержение ще има за математиката съществено по-голямо значение, отколкото доказателството на теоремата на Ферма, която в сравнение с хипотезата на Поанкаре изглежда като свръх сложна задача на математическа олимпиада. Пътят на доказателството беше намерен отдавна, но по този път възникваха огромни технически трудности. Препятствията бяха преодоляни от Григорий Перелман, наш изтъкнат математик. Той публикува своето много трудно доказателство в съкратен вид и го помести в Интернет. Веднага двама китайски математици написаха дебела книга, в която запълниха всички „празноти“, съществуващи в доказателството на Перелман. Те се позоваваха на Перелман, но се опитваха да представят работата, като че ли те сами са извършили основната част от работата. В това няма нищо удивително, удивително е друго: китайското правителство издигна тази работа на нивото на национален престиж и се обърна към математиците

с китайски произход, живеещи в другите страни, с молба да поддържат приоритета на китайските учени. Слава Богу, от това не произтече нищо, и приоритетът на Перелман остана незасегнат. Искам да отбележа, че аз съвсем не осъждам действието на китайските ръководители. Обратно, аз ги приветствам! Те обгръщат своите учени с почит и уважение. Едно време в САЩ имаше немалко на брой китайски професори на много важни позиции. Сега те са значително намалели: те се завръщат в Китай, където им са предоставени много приемливи условия, включително и възможността да запазят позициите си в САЩ. Те се ползват с всеобщо уважение и предатели на родината никой не ги счита. С всевъзможни почести е обкръжен там пребиваващият Куен Као, Нобелов лауреат по физика за 2009 г. за изследвания по предаване на светлина по оптиковлакнести канали, който е провел целият си научен живот в лаборатории на Англия и САЩ, а понастоящем живее в Хонконг.

Налага се да засегнем и болезнения въпрос за заплатата на учените в различните страни. За това може да се съди по следния прост критерий: ако руски учени емигрират в някаква страна, значи там заплатата е минимум три пъти по-висока, отколкото в родината им. А многобройните случаи на емиграция са по всички страни от „първия ешелон“, с изключение на Индия. Там просто не вземат на работа чужденци. Известни са и случаи на емиграция в страни от „втория ешелон“ като Бразилия, Аржентина или Турция, в Чехия и Полша. Правилно е да считаме, че у нас заплатите на професорите са най-ниски в сравнение с цялото грамотно човечество.

Традицията на материална поддръжка на учените и дълбокото уважение към тях води началото си не по-късно от началото на XIX век. Днес тази традиция е разпространена по целия свят. Счита се за аксиома, че заплатата на университетския професор е приблизително равна на заплатата на министър. В САЩ заплатата на президент на университет не е по-малка, а понякога и по-голяма от тая на президента на страната.

3. Разрухата на науката през периода на реформите и научната емиграция

Станалото през 1945 г. в Съветския Съюз многократно увеличаване на финансиране на науката имаше далеч достигащи последствия. Това обуслови не само възможността за четири години да се направи атомната бомба и постави здравите основи на нашите забележителни космически успехи. Съветските ръководители се оказаха достатъчно разумни, за да подобрят кардинално материалното положение не само на атомните физици, но и на всички учени без изключение. Заплатата на всички сътрудници с научни степенни бяха моментално повишени няколко пъти. Учените се превърнаха в привилегирована класа и това усещане на своята значимост в немалка степен способства за това, което се нарича чувство за собствено достойнство, гражданска позиция и свободомислие. Началото бе поставено през 1955 г. с отправеното в президиума на ЦК на КПСС „писмо на треста учени“ с критика на дейността на Лисенко. То бе подписано от 297 учени – биолози, физици, математици, химици, геолози и други. Писмото доведе до оставката на Лисенко от поста президент на ВАСХНИЛ, макар че през периода

1962-1965 той беше възстановен на този пост по инициатива лично на Хрущов. Към средата на 60-те години в средата на учените се зараждат дисидентските движения. В началото на 1966 г. група академици и известни деятели на културата изпратиха на съветското ръководство писмо с протест против реабилитацията на Сталин. След това на първи план се очерта колосалната фигура на академик Сахаров. Когато в 1968 г. се сформира правозащитното движение, ключови фигури в нея станаха учени или произлезли от тези среди. Те съставляваха ядрото на правозащитното движение, чиято дейност способства за окончателния край на съветския период в нашата история. По време на августовския пуч през 1991 г. в защита на „Бялата къща“ излязоха научни работници. Те представляваха основната маса на защитниците.

Това, което новата власт направи с науката, може да се нарече само престъпна недалновидност. Поемайки отговорността за икономическа съдба на страната, Егор Гайдар обяви, че науката у нас е излишно раздута и „науката ще трябва да почака“. Финансирането бе намалено на порядък, и съответно намалени заплатите на учените. Дадената на съветските граждани още при М. С. Горбачов през 1988 – 89 г. свобода за излизане от страната облекчи учените при търсенето на работа в чужбина. Въпреки разпространявано в масовите средства за информация мнение, че науката в Съветския Съюз е обслужвала само военно – промишления комплекс, нашите учени се оказаха в западните страни най-конвертируемата стока. Това е най-прякото доказателство колко силна е била науката у нас.

Точният брой на учените, емигрирали от страните на бившия СССР, е неизвестен, защото нашата статистика я сполетя същата съдба, каквато и цялата руска наука. На състоялата се през ноември 2009 г. в Министерството на науката и образоването на Руската федерация дискусия по повод на външната миграция на нашите учени, броят им варираше от 60 до 250 хиляди. По косвени данни мога да преценя, че професорската (пожизнена) позиция, която се получава много трудно, след жестока конкурентна борба, в университетите на други страни имаме няколко хиляди представители на това съсловие. А на един такъв учен, получил постоянно място в университет, се падат поне няколко човека, които днес, в условията на криза, се борят за място в частни компании. Повечето от тях имат научни степени.

Географията на третата емиграция на руските учени е извънредно обширна. Голямата част заминаха за САЩ, много за Израел, Англия, Германия, Австралия, Канада, Франция. Наши професори работят в Нова Зеландия, Южна Африка, Малайзия, Хонконг, да не говорим за Холандия, Белгия, Италия, Скандинавските страни. Във всички най-добри университети по света има професори от Русия. Днес това е една значителна диаспора. Обикновено на конференции по математика, теоретична физика, оптика, океанография (споменавам само онези, на които съм бил) немалка част от аудиторията говори руски.

Заедно с „младите реформатори“ на власт дойдоха хора, образовани повърхностно, клъвнали несвързани отломки от западната икономическа наука. Днес стана банално да бъдат сравнявани с болшевиките, но болшевиките не само рушаха, но и строяха.

Когато Джордж Сорос, единственият от силните на деня се загрижи за бедственото положение на руската наука и вложи за нейната съживяване около двеста милиона долара, те надменно отминаха това му действие. Сорос предполагаше, че страната се управлява от цивилизовани хора, изпитващи временни трудности, че на някакъв етап към поддръжка на науката активно ще се включи федералното правителство и регионалните ръководства. Това не се случи и дълбоко разочарованият Сорос прекрати дейността си в Русия. Той действаше по идеалистични подбуди, но в нашата страна, поразена от вулгарен практицизъм, в него виждаха едва ли не американски шпионин.

Позоваването на икономическите трудности на онова време не върши работа. Съдейки по това, с каква скорост в страната протече формирането на обширната класа на богати и свръхбогати хора, и по това, че изтичането на капитал извън границата надхвърли десетки милиарда долара в година – явно ресурси в страната имаше. Нямахме цивилизовано и грамотно правителство. И имаше грешно залагане на идеята, че бързото обогатяване на неголям брой случайни хора ще стане двигател на прогреса. След това не останаха даже идеи.

А да се запази науката беше реално. През 1992 г. група учени, в която влизаха академиците А. В. Гапонов – Грехов, Е. Фортков и аз, се опитахме да прекараме проекта „Държавен професор“, който предполагаше лична поддръжка на десетина хиляди доктори на науките и два пъти повече кандидати на науките с осигуряването им с прилично за онова време заплата – средно, по пет хиляди долара годишно. Когато обсъждахме този проект със секретаря на Съвета по безопасност Ю. Н. Скоков, той възкликна: „Сто и петдесет милиона долара годишно? Но всичко, което искате, е всичко на всичко един нефтен кладенец!“. При това, цената на нефта тогава беше на нивото на двайсет долара на барел. Обаче, проектът така и не мина. Той се превърна в значително по-скромния проект за поддръжка на научните школи. А когато цената на нефта достигна до осемдесет долара, и тази програма практически бе прекратена.

4. Съвременното състояние на руската наука и административния волонтаризъм

А какво е състоянието на руската наука днес? Науката не е загинала, но положението е много драматично. Сравняването с тежко болен пациент е напълно уместно и лошото е това, че точното състояние на пациента всъщност никому не е известно. Както у нас няма статистика на вече заминалите за чужбина учени, така няма и данни за динамиката на заминаващите, както и трезва оценка за потенциала на останалите в страната. Затова да се съди за това може само по лични наблюдения. А те са следните. Науката престана да бъде единно цяло. Тя живее по острови, слабо взаимодействащи помежду си. В страната се провеждат малко научни конференции, пътешествието из Русия стана скъпо удоволствие. Парадоксално е, че учени от различни места в Русия се срещат на международни конференции в чужбина, по-често, отколкото у дома. Като цяло провинцията пострада от „изтичане на умове“ по-малко, отколкото столицата.

Науката старее пред очите ни. Попадайки на институтски семинари, в полупразни-

те зали забелязваш предимно възрастни хора. Средната възраст на научните сътрудници е около петдесет – шестдесет години. Повечето от тях не отиват в чужбина, но могат да обучават млади хора. Все пак това е отиващото си поколение. Зад тях зее пустота, учените от следващото поколение или са заминали и установили в чужбина завинаги, или прекарват по-голямата част от годината, работейки в научни учреждения в чужбина. Немногобройна младеж, нащрек на лъжите, се стреми да вземе максимума знание от тях. Отечественото научно приборостроене загина, лабораториите са претърпани с морално остаряло оборудване, няма реактиви. Ръководството на Академията е вяло и безпринципно, не смее да заеме активна позиция за отстояване на интересите на науката пред правителството.

Науката продължава да чака и до днес. През последните осем години, независимо от известно увеличение на заплатите на учените, ситуацията се е изменила, само че към по-лошо. Позицията на властите остава, както и до сега: глуха към мнението на професионалистите и известния съветски административен волонтаризъм. Съветският съюз отдавна го няма, а волонтаризмът не само че не изчезна, но, обединен с характерния за новото време стремеж към лично облагодетелстване, разцъфна. Както и в съветско време, той се осъществява чрез шумни кампании, както беше навремето, например, с кампанията за засяване на царевица едва ли не до Полярния кръг. Днес у нас има нова „царевица“ – нанотехнологиите. Както и царевицата, нанотехнологиите са нещо хубаво. Тя успешно се използва за получаването на композитни материали, в медицината за пренасянето на лекарствени препарати, в оптиката, микроелектрониката. Но у нас то се превърна в общодържавна кампания със силната поддръжка „отгоре“.

Вдъхновените повърхностни призови на идеолога на „нано-когнобио“ пробива М. Ковалчук много силно напомнят речите за необходимостта и възможностите за преобразувания на природата. За развитие на нанотехнологиите правителството отделя финансиране превишаващо един път и половина бюджета на Академията на науките! По указ на Президента трите най-силни институти на страната се обединяват в изследователски център „Курчатовски институт“, ръководен от същия този М. Ковалчук. Без знанието на сътрудниците или ръководствата на тези институти, без всякакво научно или експертно обсъждане! В Съветско време административният волонтаризъм се отличаваше със своя професионализъм: на тях им беше известно, че науката не търпи монополизъм, и изпълнението на важни програми не се доверяваше на една единствена група. Ръководител на центъра по създаването на ядреното оръжие в г. Саров беше Ю. Б. Харитон, а на паралелния и конкуриращ се център в Челябинск – Е. И. Забабахин. Същата беше ситуацията и в ракетостроенето и в авиацията. Монополизацията на науката неизбежно води към стимулация на „потъмокниовски“ селища.

На фона на това грандиозно мошеничество преименуването на Казанския университет в Приволжски е несъществено събитие. Но какво е това ако не волонтаризъм, в съчетание с въпиющо отсъствие на липса на историческа памет? Казанският университет е един от най-старите в Русия, основан през 1804 г. той с основание се гордее със своите знаменити учени: достатъчно е да се назоват създателя на неевклидовата

геометрия Лобачевски, или на теорията за строежа на органичните съединения Бутлеров. Името на университета е запазена марка, толкова по-ценно, колкото университетът е по-стар. Можете ли да си представите Кеймбриджкия университет да се преименува в Средноанглийски? Или Болонският, най-старият в Европа, да бъде преименуван в Централноиталиански? Това преименуване е ярък пример, както би казал Николай Лесков, за „административен възторг“.

Академичната наука се намира в бедствено състояние, а няма с какво да се замени. За исторически наложената в Русия форма на организация и управление на научните общности с помощта на академичните структури засега алтернатива не се очертава. Взетият от правителството курс на закупуване на нови технологии от чужбина и привличането от там на специалисти на работа ще убие руската наука окончателно. За закупуването на нови технологии се отделят 600 милиарда рубли – сума трийсет пъти превишаваща финансирането на академичните институти! От средствата, отделени за нанотехнологичния балон, едва 1% е обещан на академичната наука.

Академията няма алтернатива и като орган, способен да проведе сериозна научна експертиза. Пренебрежителното отношение на правителството към академичната наука дава вече и своите плодове: потокът лъженаука заля страната. Например, процъфтява някой си В. И. Петрик, недоучен психолог и бивш подсъдим, осъден по тринайсет члена на Углавния кодекс – от мошеничество до покушение за грабеж. Днес той е „честен учен – изобретател“ [2] и научен консултант на партия „Единна Русия“. Сред многочислените негови „научни открития“ е и получаването на електричество от топлината на слабо нагreti тела, което е в нарушение на второто начало на термодинамиката и конструиране на вечен двигател от втори род, и разделяне на изотопи чрез филтрация, чудовищна по своята неграмотност идея, която не се нуждае от коментари! Въпреки това, благодарение на покровителство от висшите ешелони на властта, неговите филтри за пречистване на вода, неиздържали научна експертиза, се обявяват като партийния пилотен проект „Чиста вода“, който се предполага през тази година да се финансира с 15 трилиона рубли.

За днешната ситуация в Руската наука е трудно да се намери исторически аналог. Имало е случаи, когато цивилизации са загивали в резултат на външни набези или вътрешни войни. Но страна, която е заемала едно от първите места в световната наука, доброволно да се окаже на последно място – такъв прецедент в световната история не е имало. Може би да се сравни само с това, което е направил Хитлер с германската наука през своето тринайсетгодишно управление. В началото на XX век германските университети са били от най-добрите в света. Днес, шейсет и пет години след войната, въпреки че Германия е една от най-богатите и успешно развиващите се държави в света, и независимо че влага огромни усилия, нейните университети се намират на места, на каквито са и университетите в Австралия, която в началото на XX век е била доста изостанала страна. Да се възстанови разрушеното е несравнимо по-трудно, отколкото да се разрушава.

Време за спасяване на руската наука почти не остана. Още няколко години и ще настъпи пълен разрыв на връзката между поколенията учени! Ако не се даде

възможност на останалите още живи професионалисти да предадат своя научен опит и не се открият перспективи пред младите учени, на руската наука може да се постави кръст.

Наистина правителството напоследък започва да проявява известно безпокойство. Приемат се някакви програми за привличане на учени – емигранти за работа със студенти. Без съмнение трябва да се приветстват всички форми на интеграция на руската със световната наука, но трябва да се разбере, че младият специалист ще застане пред избора: да замине при наставника си в чужбина или да остане в Русия, където да работи в лаборатория с остаряла апаратура и никога да не може да си купи квартира. Навсякъде в чужбина има остра нужда от талантлива младеж: тя никога не достига и представлява огромна ценност. Само с догонване заплатата на учените до средноевропейско ниво може да се спре „изтичането на умове“. Безнравствено и безперспективно е да се разчита да се движи науката и технологиите напред за сметка на ентузиазма на полугладната научна младеж.

За спасяването на руската наука не трябва да се изобретява велосипедът: трябва да ѝ се възстанови статусът, който има в света. Учените трябва да принадлежат към върхушката на средната класа, а трудът на учения да бъде уважаван и социално престижен. Необходимо е за учените да бъдат създадени подходящи условия, лаборатории, снабдени със съвременно оборудване. Да се поддържат с еднаква загриженост всички направления на научни търсения – в края на краищата науката представлява цялостен организъм, и трябва да грижи за здравето ѝ като цяло. Опитите да се разделят учените на „полезни“, чиято дейност носи непосредствена полза, и на „безползни“ игнорира световния опит. „Полезните“ могат да бъдат стимулирани с грантове: тази стратегия възникна като резултат на естествената еволюция на западната култура. Обществото на учените трябва да се самоуправлява, а административното вмешателство на държавата минимално. Тя трябва да се осъществява чрез допълнителни фондове, финансираща приоритетните направления.

Наистина, за това са необходими немалко средства. През 2010 г. САЩ отделят за научни изследвания над 3% от БВП, Китай – над 2%. За сравнение бюджетът на Академията на науките е под 0,3% от нашия, несравнимо по-малък с американския БВП. Въпреки това, онези на които им се струва, че науката е излишно скъп разкош, могат да си представят нежелания сценарий на недалечното ни бъдеще.

5. Русия без наука

Първото следствие от западането на науката, напускането на професионалистите, занимаващи се с наука заради самата наука, ще бъде упадъкът на образованието. Това вече е забележимо, у нас се появили неграмотните подрастващи. Някои източници назовават числото два милиона, което вероятно е журналистическо преувеличение, но ето ви факт: във факултета по журналистика на МГУ през октомври тази година (2009) 82% от първокурсниците не са се справили с диктовката, допускайки от осем до осемнайсет грешки в текста.

С упадък на образованието ще се наложи да се простим с надеждата у нас да развиваме новите технологии: за това са необходими високообразовани кадри. Нещо повече, даже поддържането на вече съществуващата техническа сложна инфраструктура ще се превърне в проблем, и техногенните катастрофи, подобни на случилото се на Саяно-Шушенската Хидроелектроцентрала, ще станал всекидневие.

Страна, неспособна да бъде в крак с техническия прогрес, доста бързо ще стане и безпомощна във военно отношение. След десетина-петнайсет години нашето оръжие ще се отнася към бъдещите стандарти както арбалетът към автомата. Да разчитаме на ядреното оръжие не си заслужава. А и за неговото възпроизводство и обслужване също са необходими висококвалифицирани специалисти. И ние едва ли ще се окажем способни да произвеждаме прецизно роботизирано тактическо оръжие. Да не би правителството да разчита да купува и военни технологии?

Следствие на упадък на науката и образоването в Русия ще бъде и пълното падане на международния престиж на страната. Никакви олимпийски игри не могат да ги възстановят. Не много отдавна Маргарет Тачър нарече страната ни Горна Волта с ракети. Това не беше съвсем точно. Ние бяхме Горна Волта с ракети и Нобелови лауреати. А когато разпилееш всичко, отношението към нас ще бъде по-лошо, отколкото към Горна Волта, където никога не е имало нито ракети, нито Нобелови лауреати. Към нас ще се отнасят като към разорил се търговец, разпродад бащиното си състояние. Такива хора не ги обичат в протестантския Запад, а в Китай направо им се надсмиват. Ние ще се превърнем в страна – “неудачник” и във всеки случай на дипломатически или военен конфликт целия свят ще застане на страната, която е срещу нас.

Нека отбележим, че формално ние няма да изгубим науката. Ще останат висшите учебни заведения и хора, наричащи се професори. Ще се защитават дисертации, само че тяхното ниво ще спада непрестанно. Ще се запазят научните списания, но техният „импакт-фактор” ще бъде много нисък. В такива списания може да се публикува каквото си искаш, но едва ли някой ще ги чете, а още по-малко някой ще ги цитира. Рано или късно ще настъпи съдбовният момент, когато в Русия няма да останат професионалисти, способни да разбират това, което пише в задграничните научни списания. След това руската и световна наука ще се превърнат в два непресичащи се свята, при това първият ще се отнася към втория като свят на сенките към реалния свят. В света на сенките ще царства сивотата, но неговото царстване няма да бъде дълго: ще се появят нови Лисенковци. Когато властта види, че работата върви към лошо, те ще се радват да повярват и прегърнат всеки шарлатанин. Всъщност това вече и става.

В „царството на тъмните хора” вместо научна статистика се подвизават предсказатели и астролози, вместо медици – знахари и лечители, вместо историци – Фоменковци, вместо инженери – изобретатели на вечни двигатели. Трябва да се очаква, че сред такива хора успех ще имат най-агресивните и мракобесни форми на религия и най-извратени секти. Страната ще се превърне в силно и лошо миришещо благо. Онези, които днес се съгласяват да живеят в „Русия без наука”, трябва да се замислят добре ли ще се чувстват в такова благо.

Впрочем, тази „блатна” фаза на нашата история не може да продължи дълго. Вътре в страната ще нараства социалното напрежение, а от вън – потребностите от минерални ресурси. Способните и енергични млади хора, не получили добро образование и непотребни на своята страна представляват взривния социален материал с огромна сила. А „външният свят” няма да търпи дълго състояние, при което доходите от продажбата на земните ресурси ще се дели между тъй наречения “елит” на интелектуално и морално разлагащата се страна. Идеята, че минералните богатства на Земята трябва да принадлежат на цялото човечество, вече витае във въздуха. Очаква ни глобална граница на собствеността и геополитическа катастрофа.

6. Заключение

Резюмирайки тази мрачна прогноза, достигахме до неизбежния извод: от съдбата на руската наука зависи съдбата на Русия. Загубвайки науката си, Русия ще престане да бъде независима държава, съхраняваща контрола над своята територия и своите природни богатства. Това обстоятелство трябва да бъде поставено в основите на стратегията за бъдещето развитие на страната.

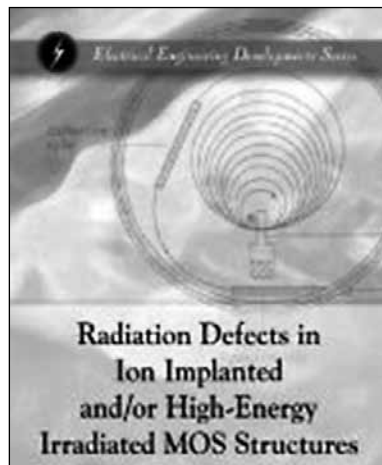
Ако оставим настрана такава „дреболия” като корупцията, за това трябва да бъде преодоляно съпротивлението на чиновниците, желаещи да ръководят науката и да делят научното знание на полезно и безполезно. Науката не дължи нищо на никого. Науката съществува за това да бъде наука. Както е казала американската писателка Гертруда Стайн: „Розата е роза”. Позволете на тази роза да разцъфти, и останалото ще си дойде на място. Науката ще произвежда знание, а промишлеността ще я използва. Но розата е нежно растение. Тя трябва да бъде поливана, подхранвана, защитавана от градушки и студове. Науката също се нуждае от грижи. Всъщност необходими са две главни условия: пълно уважение към научното знание и професията на учения и адекватно финансиране.

Превод: **Н. Ахабабян**, „Континент”, 2010, №143

[1] – <http://www.timeshighereducation.co.uk/Rankings2009-Top200.html>

[2] – <http://www.sbras.ru/HBC/article.phtml?nid=523&id=15>

КНИГА ЗА РАДИАЦИОННИТЕ ДЕФЕКТИ В ЙОННО-ИМПЛАНТИРАНИ МОП СТРУКТУРИ



Монографията **“Радиационни дефекти в йонно имплантирани и/или високо-енергетично облъчени МОП структури”** на проф. дфн Соня Касчиева (ИФТТ-БАН) и проф. Сергей Николаевич Дмитриев (ОИЯИ–Дубна, Русия) е издадена през 2011 година от издателство Nova Science Publishers, Inc. в Ню Йорк, САЩ.

Основното предназначение на монографията е да представи някои съвместни научни резултати, получени от авторите през последните двадесет години, в областта на радиационните дефекти в йонно-имплантирани МОП структури. Тези резултати са плод на научни изследвания, проведени в Института по физика на твърдото тяло “Акад. Георги Наджаков”

при Българската академия на науките, Обединения институт за ядрени изследвания в гр. Дубна, Русия и Института по физика на металите при Уралското отделение на Руската академия на науките в гр. Екатеринбург, Русия.

Монографията се състои от предисловие, шест глави и азбучен указател. Всяка глава представя резултати, получени от различни научни колективи, но с водещото участие на авторите на монографията. Главите са изпълнени с многоброен илюстриран материал (фигури, таблици), като всяка от тях завършва с използвана литература. Цитирани са над 200 литературни източници – статии, книги и патенти. Накрая в азбучния указател са посочени процеси, явления, операции и методи на изследвания, използвани в отделните глави на монографията.

Въведението представя целта на монографията, обекта на изследване – системата Метал-Окис-Полупроводник, която повече от половин век бе и вероятно ще бъде още дълго основа на съвременната електроника и микроелектроника.

В първата глава се прави кратък преглед на дискутираните в монографията проблеми, получените резултати, както и се дава информация за микротроните – източник на MeV електрони, използвани в проведените експерименти, представени в монографията.

Във втората глава се разглеждат радиационните дефекти в МОП структури, генерирани от йонната имплантация. Представени са процесите, протичащи на интерфейса окис–полупроводник и в тънък приповърхностен слой на полупроводника при генериране на радиационни дефекти в МОП структури с различни дебелини на окиса, както и в структури имплантирани с различни енергии. Теоретично са дискутирани йонно имплантирани МОП структури с тънък i-слой на полупроводниковата повърхност,

съдържащ висока концентрация на дълбоко компенсиращи дефекти. Приведените експериментални резултати потвърждават основните теоретични заключения.

В третата глава се обсъждат радиационните дефекти, генерирани в резултат на облъчване на МОП структури с високоенергетични (MeV) електрони. Природата, енергетичното разположение както и локализацията на дефектите са определени с различни методи. В резултат на облъчването с високоенергетични (MeV) електрони е наблюдавано нарастване дебелината на окиса на структурите Si-SiO₂. Радиационно стимулираното окисление зависи от типа подложка (наблюдава се при n-Si) на структурата и от средата на MeV електронното облъчване.

Двойно третираните (имплантирани и след това облъчени) структури са дискутирани в четвърта глава. Показано е, че генерирането на дефекти от последвалото гама или MeV електронно облъчване зависи съществено от локализацията на предварително имплантираните йони по отношение на интерфейса Si-SiO₂ както и от типа на Si подложка.

Пета глава представя няколко нетрадиционни методи за отгряване на радиационните дефекти в МОП структури. Показано е влиянието на ултравиолетовите, рентгеновите, ниски дози гама или MeV електрони върху същественото понижаване температурата на отгряване на радиационните дефекти, което намалява преразпределението на примесите по време на отгряването.

Методи за увеличаване радиационната устойчивост на МОП структурите, като циклично (облъчване/отгряване) третиране, следокислително охлаждане, както и намаляване на неконтролируемите примеси, са представени в шеста глава.

Изложените в монографията изследвания върху радиационните дефекти в МОП структури са ценна и полезна информация, която може да бъде използвана както от специалисти, така и от студенти. Тя показва нивото, постиженията и успехите на българските учени, работещи в областта на микроелектрониката.

Крум Коленцов

БРАЙЪН ГРИЙН – „СКРИТАТА РЕАЛНОСТ”



Книгата на Брайън Грийн – „Скритата реалност” („Изток-Запад”, 2011) е и едно завръщане към извечните въпроси на човешкото съществуване във вселената: „Откъде идваме?” „Какво сме?” „Накъде отиваме?” „На какво можем да се надяваме?” (Имануел Кант, Пол Гоген); тя е и търсене на най-новото лице на модерната космология; а по своето дръзновение ни припомня за Суифтовите пътешествия на Гъливър. Но изложението на Грийн е преди всичко забележително постижение, съчетало на нивото на естествения език най-задълбочените идеи на днешната космология, теоретична физика, епистемология и информатика. Книгата спокойно може да служи на съвременния читател, независимо от образователния и професионалния му профил, и като енциклопедичен справочник относно основанията, постиженията и хоризонтите пред съвременната космология. Книгата може да се прочете и на един дъх, но в нея има скрити

още много и много теми и сюжети, и това навярно ще я пренесе от категорията на бестселърите в салона на научно-философската класика¹.

Главната сюжетна линия на монографията се движи от развитието на космологическите идеи за паралелните светове, обединени в една мултивселена. За разлика от класическата идея за единствен свят, Грийн се спира на основанията за един космологичен плурализъм.

Съчленената мултивселена е първата разгледана версия на паралелните светове. Основанието за въвеждането им е моделът за еднородната бекрайно разширяваща се вселена, при която броят на възможните комбинации е по-голям от броя на възможните наредби на съставлящите ги елементи или, както авторът шеговито отбелязва: когато броят на тоалетите на Имелда е за съжаление по-малък от броя на излизанията ѝ, или пък когато при достатъчен брой теста карти размесванията на Ранди непременно ще се повторят².

Втората версия на мултивселената се гради на космологическия модел за инфлационната, бързо разширяваща се след Големия взрив вселена, при която флуктуациите на квантовото поле се раздуват (от космологическата инфлация) до гигантски мехурчета в една еднородна космологична среда, а мултивселената придобива облика на пита швейцарско сирене.

От стандартната квантова теория авторът ни пренася към последните развития на теорията на струните, която, ако се придържахме към изходната кулинарна метафора,

неизбежно прибавя и хлебни резени към швейцарското сирене. Това са браните, многомерните струни, които при определени условия напускат нивото на микрокосмоса, за да формират гигантски паралелни универсуми – сцена на драматични и комплексни космологични сценарии и развръзки като цикличната мултивселена и панорамната мултивселена.

Квантовата механика дава основания и за вероятно най-изчистената и недвусмислена версия на паралелните светове – интерпретацията на Хю Евърет III на решенията на уравнението на Шрьодингер. Квантовата механика предполага, според Евърет, че всяка възможност, представена чрез своите вълни на вероятността, се реализира в обширен ансамбъл от паралелни вселени. Като отчитам, че в книгата на Грийн срещам възможно най-популярното и същевременно автентично представяне на идеята на Евърет (всяко решение се намира в един отделен физически свят), ще си позволя да изкажа притесненията си на един непрофесионален читател от идеята на Евърет. Работата е там, че Евърет позволява в мултивселената да се върши това, от което той иска да избави всеки един от съставлящите я светове – решения на уравнението на Шрьодингер. В желанието си да не позволи в който и да е от тези светове да бъде нарушен логическият закон за противоречието (не може едно нещо да се намира на две места едновременно), Евърет позволява същият този закон да бъде нарушен в рамките на мултивселената! Гонейки противоречието през прозореца, Евърет триумфално го въвежда през парадния вход на мултивселената.

Грийн не крие симпатиите си към следващата версия на мултивселената – холографската мултивселена. Според тази версия, не е изключено нашият тримерен пространствен свят да се окаже холографска проекция на квантовомеханичните взаимодействия върху една отдалечена, ограничаваща ни двумерна повърхност. Без коментар, бих се присъединил към очарованието на идеята, както и непременно бих отбелязал колко естествено тя преминава в другата версия на паралелна реалност – симулираната мултивселена.

Като читател, който с нищо не допринася, но искрено се вълнува от прогреса на съвременната наука, бих споделил едно непретенциозно наблюдение. През 70-те години на XX в., особено с появата на генното инженерство, съвременната биология стана друга. Биологията, от разклонение на биохимията, се превръща все повече в клон на технологията, където на микробиологично ниво агентите се разглеждат не толкова като комплексни органични молекули, а като биомашини.

Струнната теория пък, макар и все още плахо, създава предпоставките за превръщане на физиката в разклонение на математиката, но още повече и на информатиката. Вселената придобива природата на гигантско аритметично-логично устройство (АЛУ), а физическите взаимодействия – на нищо повече от *изчисление* на едно кооперативно, глобално устойчиво в паралелната мрежа на една единна мултивселена състояние-решение³.

Книгата на Грийн е сериозен подстъп и към такъв авангарден космологичен модел. Тя не само разкрива мултивселената като новата панорама на съвременната космология,

но и новата перспектива пред съвременната теоретична физика и нейните светогледни и интердисциплинарни проекции.

Да завърша с онова особено чувство на сигурност и оптимизъм, който подобни космологически и онтологически концепции поражда. Най-красивите и устойчиви космологически идеи, завещани ни от древността, са родени от най-неустойчивите времена на гръцкия полис. Днешната глобална неустойчивост, по силата на същия епистемологически парадокс, поражда за пръв път от 2500 г., без аналог в класиката, научни космологични решения и модели. В този смисъл, с надежда и удовлетворение можем да затворим и 510 стр. – кулминацията е вече зад прага ни.

Асен Димитров

Бележки

1. Българският читател вече ентусиазирано оцени първото издание и според данни от книгоразпространителите, то е пред изчерпване.
2. Цитираните тук и по-надолу битови метафори са само пикантният връх на гигантски айсберг. Но нека ми бъде позволено за краткост и удобство да следвам и линията на шеговитите автори метафори.
3. На едно доста по-частно, но свръхкомплексно ниво – невробиологията – на тази идея вече се възлагат практически очаквания. Съвременната информатика и компютърни науки вече са в състояние да моделират технологията на обработката на информацията в реални невронни мрежи и логиката на вземането на решения от тях, а плановите са до 2020 година „Блу брейн проект“ да постигне изцяло симулиран модел на човешки мозък.

Броеве на Списание СВЕТАТ НА ФИЗИКАТА можете да си поръчате и на електронния магазин на сайта на списанието:
<http://wop.cointech.net/bg/archive.php>

ДОСТОЕВСКИ ВЪВ ФОКУСА НА... МАТЕМАТИКАТА

(за книгата на акад. Петър Попиванов „Достоевски –
питания на един математик“, София, 2011, 170 сс.)

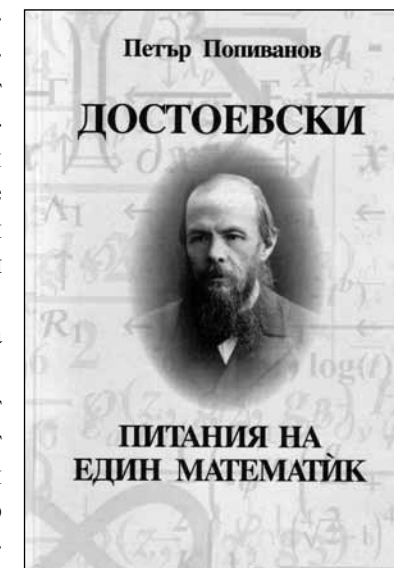
В края на вече изтеклата 2011 г. в Софийския университет беше направен прощъпалник на новото Българско общество „Ф.М. Достоевски“. То стана част от Международното общество „Достоевски“. Организатори на Българското общество са преподаватели от Филологическия факултет на СУ, а негови членове станаха преподаватели и студенти от най-различни специалности: литератори и философи, психолози и историци, културолози и политолози, театрали. . . всеки един от тях търсещ – и намиращ – своя ниша в многопластовото творчество на великия писател.

Годината 2011 бележи 130-тата годишнина от смъртта на Достоевски и 190-тата годишнина от неговото рождение. През XX век интересът към литературното наследство на писателя непрестанно е растял. Едва ли е останало кътче от неговото творчество, в което вече да не е надниквал изследовател.

Достоевски и поетиката, и художественото слово, и философията, и психологията, и религията, и още, и още. Романите и повестите му са станали такова светилище в духовното пространство, че дори пет от тях („Престъпление и наказание“ /1867/, „Идиот“ /1869/, „Бесове“ /1873/, „Юноша“ /1875/, „Братя Карамазови“ /1880/) вече отдавна са обединени под общото название „Петокнижие“ – признание за съизмеримост с библейското Петокнижие – Мойсеевата *торá* („учение“, „закон“), създадена 15 века пр.н.е.

Трудно е да поберем в съзнанието си, че за 60-те години на целия свой живот Достоевски е можал да създаде буквално необятен океан от писмено творчество. При това 4 години от живота му (1850-1854) са преминали в сибирска каторга (която е предшествана от зловеща инсценировка на смъртна присъда с разстрел!?). Изумлението пред необикновения му творчески път и пред величавите му общочовешки идеи проличава и в издадения по случай годишнините на писателя тематичен брой на българското списание „Философски алтернативи“ (бр.3, 2011), където български (и руски) философи разгръщат още аспекти в панорамата на неговото творчество.

На общия фон от трудно обозрима изследователска библиография, посветена на Достоевски, какво би могла да ни каже математиката за неговото творчество? Нима в това творчество по някакъв начин намира своя ниша и математиката? Тези и други по-



добни въпроси съвсем естествено са провокирани от току-що излязлата книга на акад. Петър Попиванов „Достоевски – питания на един математик“. Авторът ѝ е известен наш математик, дългогодишен ръководител на секция „Диференциални уравнения“ в Института по математика и информатика при БАН. Наред със своята преподавателска и изследователска дейност като математик акад. Попиванов отдавна се изявява като дълбок познавач на математическите и логическите аспекти в творчеството на известни писатели, между които особено място заема Достоевски, чието творчество той изучава от близо половин век и познава практически на професионално равнище посветената на него литература.

Книгата се състои от шест глави, цитирана литература (85 заглавия, всяко от които е в органична връзка с контекста) и Приложение (съдържащо бележки относно две картини, които са направили особено силно впечатление на Достоевски: картината на Холбайн мл. „Полагане на мъртвия Христос в гроба“ (1521) и картината на Клод Лорен „Ацид и Галатея“ (1657), намерили отражение в романите „Идиот“, „Юноша“ и „Бесове“). Главите имат характер на отделни есета, макар че на много места се правят кръстосани позовавания.

Старателно избягвайки отгъпканите пътеки на историзма и литературния анализ, в Глава I „Взгледите на човека от подземията – човека на деветнадесетия век“, П. Попиванов обсъжда проблема за сблъсъка на воля и разум, изразен в повестта „Записки от подземията“ (1864). Обсъждането се прави на фона на схематично очертаните философски възгледи на Хегел, Фихте, Киркегор и Хартман.

В Глава II, озаглавена „Размишления върху романа „Престъпление и наказание“, авторът търси идейната основа на престъплението – реално или мислено – на Расколников и намира тази основа конкретно в подбуди, родствени с ницшеанската идея за „свръхчовека“. Тук искам специално да отбележа как чрез съпоставката с физическото явление *резонанс*“ (с.38) авторът много точно изразява рязко повишеното усещане на Расколников за правота на своя замисъл, след като случайно е чул разговор на вълнуващата го тема за лихварката Альона Ивановна. Пак в тази глава (с.40-41) вниманието на читателя е насочено към любопитната връзка между скоростта на протичащото действие и хода на времето – алузия за релативистичния ефект, свързан със скоростта на движението.

В Глава III „Мозайка от кратки размишления върху творчеството на Достоевски“ авторът уверено стъпва върху вече изградения философско-психологически фундамент, за да направи сравнителен анализ на казуистиката на Расколников в съпоставка с тази на Ницшевия свръхчовек и в светлината на Наполеоновия комплекс по Витгенщайн. Главата завършва с интересния паралел между философските възгледи на Достоевски и на маркиз Дьо Сад за взаимната допълнителност на етичните категории добро и зло, порок и добродетел. Тук читателят физик вероятно ще подскочи от усещането за *déjà vu*, спомняйки си добре познатите идеи на Нилс Бор за допълнителността в квантовата физика.

Горният анализ позволява на П.Попиванов да включи в своите разглеждания

елементи от евклидовата и неевклидовата геометрия. В Глава IV той дава разширено тълкувание на фразата „евклидов ум“, многократно употребявана от Достоевски в „Братя Карамазови“ като синоним на ограничен, „плосък“ ум, който не е в състояние да вникне в сложната геометрия на човешкото битие.

Появата на математически идеи в творчеството на Достоевски не е случайна. Известно е, че през 1865 г. той е бил чест гост на семейството, в което израства бъдещата световно известна математичка София Ковалевская. Няма съмнение, че там е ставало дума за вълнуващата и актуална нова геометрия на Лобачевски – Бояй.

Спирайки се на ярките глави „Бунт“ и „Легендата за Великия инквизитор“ от романа „Братя Карамазови“, П.Попиванов целенасочено прилага широк математически инструментариум за един твърде оригинален анализ на тази най-величествена творба на Достоевски. Без да правя опит да пресъздам извънредно сбитото изложение на Глава IV, ще посоча, че тя, тази творба, добива ново и твърде оригинално звучене в ракурса на идеите за аналитично продължение – от роман към роман – на типажите и техните размишления; на идеите за логическа непротиворечивост и пълнота (в светлината на теоремите на Гьодел) на система от аксиоми като фундамент на една философска конструкция; за невъзможността да се получи детерминистично решение на неопределените уравнения, изразяващи спецификата на реалното битие, и все в този дух. Синтез на развития от П.Попиванов оригинален подход е съставената от него сравнителна таблица на основните характерни черти на ярките персонажи на Иван Карамазов и Великия инквизитор.

В Глава V авторът продължава темата от предишната глава с разширено тълкувание на поемата за Великия инквизитор, като към горепосочените математически представи добавя и метода на последователните приближения за анализа на идеята за свободата на избора в духа на християнското учение за взаимоотношенията между Бог и човек.

Не се опитвам да търся заключителен акорд в книгата на акад. П.Попиванов. (А и не е нужно, защото и самият автор, с думата „Питания“ в заглавието, ни дава да разберем, че дискусията в книгата е продължаваща, а не завършена.) Ще отбележа само, че балансирано използваният език на математиката прави по-ясни и по-достъпни някои от най-дълбоките и подчертано „неевклидови“ философски идеи в неизбродното творчество на Достоевски. А това означава, че тази книга е не само значителен принос към самото достоевсковедение, но и съществен принос към конвергенцията на двете култури – художествената и научната.

М. Бушев

РАДЕТЕЛЯТ НА ОПИТНАТА И ПРИЛОЖНА ФИЗИКА У НАС ДОЦ. Д-Р СТЕФАН БАЛАБАНОВ НАВЪРШИ 80 ГОДИНИ

През месец февруари тази година се навършват 80 години от рождението на доц. д-р Стефан Балабанов. Стефан Константинов Балабанов е роден на 22 февруари 1932 г. в София. След завършване на средното си образование в V-та Софийска мъжка гимназия “Васил Левски”, където физиката се преподава на високо ниво, той следва специалност “физика” в СУ “Кл. Охридски” и през 1955 г. завършва първия петгодишен курс “физика със специализация”. Като студент участва в кръжока по опитна физика при акад. Георги Наджаков и провежда изследвания с квадрантен електрометър за отделителната работа на метални повърхности. През 1955 г. постъпва на работа във Физическия институт на БАН в Лабораторията по фотоелектрични явления на проф. д-р Разум Андрейчин. По това време заедно с проф. Никифор Кашукеев започват и изследвания на повърхностната електропроводност в различни диелектрици, правени по заявки от нашата промишленост. По време на своята творческа дейност Стефан Балабанов е ръководител на няколко лаборатории: “Повърхностни явления и фотоелектрети” (1962-1970) към Секция “Научна апаратура и специални проблеми” с ръководител акад. Георги Наджаков при Физическия институт с Атомна научно-експериментална база и “Среди за оптичен запис на информация” (1971-1985), както и лаборатория “Електрични и оптични свойства на полимерни композити” (1985-1992) при Института по физика на твърдото тяло, в която продължава да работи като асоцииран член на института.

Творческата дейност на Стефан Балабанов започва с изследване на фотоелектретното състояние в сира и антрацен, но защитава докторска дисертация на тема “Повърхностни фотоелектрични процеси в монокристален CdS при въздействие на кислород и водни пари”, с помощта на вакуумен ротационен електрометър – съвместна разработка с акад. Георги Наджаков. През следващите години (главно с проф. д-р Кирил Крежов и доц. д-р Таня Цветкова) той работи по изследване на оптичните и електричните свойства на полимери след йонна имплантация на селен, въглерод или силиций за формиране на нанокластерни слоеве, което се очертава като особено перспективно за развитието на сензорната електроника.

Стефан Балабанов е автор и съавтор на над 120 научни публикации в наши и чуждестранни списания и в сборници на научни прояви у нас и в чужбина, на няколко интересни и ефективни изобретения и на над 15 научно-популярни статии. Ръководи над 20 научно-приложни разработки, финансирани от Държавния комитет за наука и технически прогрес (ДКНТП) и ЕНЕРГОПРОЕКТ, някои от които имат значителен икономически ефект. Изпълнението на задачата “КУЛОН 1” е отличено с персонална награда от Ръководството на ДКНТП (1980 г.). Тези негови приложни разработки до-

принасят за отпускане на средства през 80-те години на миналия век за построяване на специализирана лаборатория и за закупуване на научна апаратура за извършване на изследвания по статичната електризация в твърди полимери и течни горива. Той участва активно в нейното проектиране, изграждане и обзавеждане, като и до днес провежда в нея научни и приложни изследвания.

Стефан Балабанов достойно продължава делото на своите учители и ръководители акад. Георги Наджаков и проф. д-р Разум Андрейчин, както и на своите колеги проф. Никифор Кашукеев и проф. Кирил Крежов.

За своята творческа научно-изследователска и научно-организационна дейност доц. д-р Стефан Балабанов е избран за асоцииран член на ИФТТ (1999) и почетен член на Съюза на физиците в България (2011) и е отличен с почетния награден знак на ИФТТ “Акад. Георги Наджаков” (2003). Той е и член на Съюза на учените. Освен това доц. д-р Стефан Балабанов е създател и ръководител на Клуба на физиците – “Ветеран”, както и председател на Клуба на физика към Софийския клон на СФБ. Член е и на Съвета към Музея по история на физическите науки към ИФТТ – БАН.

Постигнатите приложни резултати на доц. д-р Стефан Балабанов намират достойно място в различни области на нашата промишленост през XX век: физика и химия на полимерите, текстилна и каучукова промишленост, електропроизводство. Освен това Стефан Балабанов е не само привързан към приложната физика и физическия експеримент, но има и особено предпочитание към природните красоти на нашите планини.

Честит юбилей, Стефане! Пожелаваме ти здраве, щастие и творческо дълголетие, за да продължаваш своите научни и приложни изследвания и да изпълняваш успешно научно-организационните си задължения.

Крум Коленцов

Присъединете се към групата на списанието във facebook –
[http://bg-bg.facebook.com/people/
Списание-Светът-на-Физиката/100000755959723](http://bg-bg.facebook.com/people/Списание-Светът-на-Физиката/100000755959723)
за да научавате веднага новините, свързани с физиката

ФИЗИКАТА В ЕЖЕДНЕВИЕТО: ПРЕБРОЯВАНЕ НА ПЛАМЪЦИТЕ

Джо Херманс

Задайте на някой лаик простия въпрос: „Ако пуснете кранчето с топлата вода, вие използвате енергия, нали? Как мислите, колко електрически лампи ще могат да се запалят с тази енергия за същото това време?“

Отговорът вероятно ще прозвучи, нещо като: „Амии, да видим... Предполагам, че 10... или може би даже 20.“ Той или тя ще се изненадат ако кажем, че може да са и 1000.

Лаикът не знае, че специфичната топлемокост на водата е необикновено висока. Той или тя не схваща напълно първия закон на термодинамиката.

За нас, физиците, това е лесно. Ние бихме могли да обясним нещата дори преброявайки пламъците, като знаем, че един малък пламък дава около 100 W енергия. Вземете клечка кибрит. Нейната маса е около 0,1 g и следователно дървесината в нея съдържа енергия около 2 kJ. Нека само да допуснем, че тя гори около 20 секунди и сметката е проста: $2000 \text{ J} / 20 \text{ s} = 100 \text{ W}$. За една свещичка можем да направим същото упражнение. Установете колко време ще гори, намерете топлоотделянето при горене на парафина или стеарина и ще получите отново около 100 W. Така че, лесно се помни като правило: малък пламък отделя топлина около 100 W.

Оттук нататък вече е лесна работа. Първо да разгледаме едно туристическо газово котлонче или, ако в къщи използвате природен газ – газовата печка. Всяка от горелките на газовата печка има от 20 до 30 пламъка, така че горелката би трябвало да произвежда 2 до 3 kW топлина. И действително, ако погледнем в Интернет, Гугъл ни казва, че предположението ни се оправдава. Макар че за кранчето с топлата вода това не е достатъчно. Ако пък и случайно имаме представа за газовите отоплители ще си спомним, че те имат по около 10 реда с по 10 пламъка. Това прави $100 \times 100 \text{ W}$ или 10 kW. И газовият отоплител не е кой знае колко луксозно устройство. Неговите топлинни възможности например са недостатъчни, за да ви осигури достатъчно топла вода за един приличен душ. Следователно, разумно е да предположим, че един типичен кран с топла вода може лесно да надхвърли тези 10 kW.

Но да не пресилваме нещата и да се ограничим с тези 10 kW. И нека да приемем за простота, че водата се загрява с електричество, така че да можем да я сравним пряко с електрическото осветление. Един ефективен източник на светлина, който дава 600 лумена, консумира 11 W. Това наистина е около 1000 пъти по-малко от топлата вода от крана.

Това е хубав малък урок за всеки лаик, тревожещ се за енергията и глобалното затопляне. Най-често той или тя свързват използването на енергията в дома си с неща, които се въртят или светят – електрическите двигатели или осветлението. Но това е грешка. Не е нито движението, нито светлината. Топлината е нашият пътеводител.

Превод: Ренна Дюлгерова, Младен Матев от Europhysics News, N 2, Vol. 39, 28

ЗАБАВЛЕНИЯ СЪС СЛЪНЧЕВИЯ ЗАЛЕЗ

Джо Херманс

Залязващото Слънце предлага много трикове, които физикът ще оцени по достойнство. Един от тях е добре известен. Слънцето изглежда необичайно червено когато залязва. Това е от зависимостта $1/(\lambda)^4$ в Релеевското разсейване, което селективно премахва синия край от спектъра на преминалата светлина.

По-малко е известен фактът, че слънцето не е там, където изглежда когато залязва. В действителност, то може да е вече зад хоризонта, докато ние все още го виждаме. Тук няма да говорим за крайната скорост на светлината, заради която ние го виждаме с 8-минутно закъснение. Става дума за пречупването на слънчевата светлина поради вертикалната промяна на показателя на пречупване, който пък е резултат от промяната на въздушната плътност. Ако за момент пренебрегнем температурните разлики, плътността намалява с височината поради намаляването на атмосферното налягане с малко повече от 1% на всеки 100 метра, т.е. $n^{-1}(dn/dz) \approx 1 \times 10^{-4}$. В резултат на това, светлинните лъчи се изкривяват надолу, по посока на кривината на земната повърхност. Това може да се разглежда като обратното на добре познатия „магистрален мираж“ – локвичките на пътната настилка, които ни се привиждат при осветяване от слънцето.

Наистина температурните ефекти могат да бъдат по-големи от тези на барометричното налягане, което лесно се вижда ако вземем предвид, че при постоянно налягане имаме $n^{-1}(dn/dz) = -T^{-1}(dT/dz)$. Но нека да видим какво става, ако температурните промени са пренебрежими или, още по-добре, ако температурата расте с височината. Тогава температурният ефект, ако изобщо го има, се добавя към ефекта от атмосферното налягане. Сега светлинните лъчи се стремят да следват кривината на земната повърхност, което ни позволява да виждаме слънцето веднага след залеза. Този ефект се проявява както при изгрев, така и при залез и добавя 5 допълнителни минути дневна светлина към всеки наш ден. Забележете, че закъснението заради скоростта на светлината от слънцето, за което споменахме по-горе, не прави това – то само предизвиква 8-минутно отместване през целия ден.

Тъй като закривяването на светлинните лъчи в атмосферата е по-силно за нисколежащите лъчи, възниква и второ явление: слънцето изглежда сплескано по вертикалата с около 10%. Ние не винаги го забелязваме заради конкуриращия ефект от температурата.

Накрая, съществува и едно мистериозно “зелено проблясване”, което понякога се наблюдава в момента на залеза. То трае само няколко секунди и изисква определени благоприятни атмосферни условия. Защо е зелено и защо трае само секунди? Тук има няколко неща, които се проявяват едновременно. Първо, това е пречупването, което ни позволява да виждаме слънчевата светлина след действителния залез. Поради дисперсията, неговият ефект е най-силен за синия край на видимия спектър. Това значи, че очакваме синьото да се вижда най-продължително, докато червеният край на спектъра вече отдавна е изчезнал. Но синята светлина почти отсъства в светлината на залеза, както споменахме. В резултат от това, последният проблясък на слънчевата светлина е предимно зелен.

Зеленият проблясък е последното, но много изящно “сбогом” на залязващото Слънце.

Превод: Ренна Дюлгерова, Младен Матев от Europhysics News, N 3, Vol. 38, 31

ИНТЕРЕСНИ УЕБ СТРАНИЦИ

Получаването на енергия от слънчева светлина се „грее“ на медиен интерес значително надвишаващ реалния им принос към енергийния баланс на планетата. В края на 2011 г., възможностите за производство на енергия от фотоволтаици в глобален мащаб е било 6.74×10^{10} вата, което представлява едва 0.5% от нуждите от електричество. Перспективите обаче са наистина светли: слънцето всеки час снабдява земята с толкова енергия, колкото човечеството използва за цяла година. Причините за неизползването на този огромен източник са добре известни. Получаването на електрическа енергия от слънчевите лъчи все още не е икономически изгодно. Фокусът на мартенския брой на Nature Photonics е върху какво е постигнато и какво може да очакваме в близко бъдеще. Три от обещаващите направления представяме тук, но с това не изчерпваме всичко интересно в този тематичен брой.

Как виждат развитието най-успешите в реалното производство и продажби: Централно за тематично издание е интервюто със Стюард Уенхам, главен директор по технологиите на най-големия производител на фотоволтаични панели в света – Suntech Power. Фирмата е доставила повече от 20 милиона панела в повече от 80 държави в света. Основният материал използван в производството е традиционния силиций, но Suntech е въвела ключово подобрение, което им позволява да постигнат ефективност от 19-19.5 % при преобразуването на поглъщаната на единица площ слънчева енергия в електричество. Електрическите заряди създавани в обема на соларните клетки се акумулират от електродите разположени на задната и лицевата страна на панела. От ключово значение е конфигурацията на контактите от лицевата страна да е такова, че препятствията пред слънчевите фотони да попаднат в силиция да са минимални. Специфичният дизайн на емитера създаден във фирмата се основава на метализация, която позволява от една страна метални нишки с дебелина само 25 микрона, а от друга да се самоподдредят в силно допираните области на клетката. Редуцирането на дебелината на металните контакти (при стандартната технология те са 4 пъти по-дебели) намалява неизползваната (засенчената) област на клетките. Фирмата тества и вариант на технологията, която би повишила ефективността на конверсия от 19-19.5% до 20.3%. Основна цел на технологичния отдел на фирмата е намаляването на цената на единица мощност. Паралелно с увеличаването на ефикасността това може да се постигне с елиминиране на най-скъпите материали. Например чрез подмяна на сребърните контактни нишки с медни или чрез намаляване на дебелината на пластините чист силиций – средата където фотоните избиват заряди. За успеха на тази стратегия може да се съди от факта, че само преди няколко години панелите на фирмата са стрували 4 долара на ват, а сега 1.5 долара на ват мощност. <http://www.nature.com/nphoton/journal/v6/n3/full/nphoton.2012.37.html>

Соларни клетки с междинна зона на проводимост: Съществено условие ограничаващо ефикасността на соларните устройства, използващи „стандартни“ полупроводници е ширината на забранената зона. Казано просто, ако фотонът има енергия по-малка от тази зона, той не е състояние на избие електрон от валентната до проводящата зона. С други думи енергията на

светлина с дължина на вълната над някаква стойност просто се губи под формата на топлина в панела. Съществуват и други механизми на загуби, например чрез фононно разсейване на вече свободните заряди, поради което максималната ефективност на соларни клетки с една-единствена зона между валентната и проводящата не надвишава 34%, така наречения Шокли-Крисер лимит. Идеята зад соларните клетки с междинна зона (МЗ) е да се създаде допълнителна зона частично запълнена с електрони и разположена в забранената зона. При наличието на такава, фотоните с енергия по-ниска от тази на забранената, избиват електрони на две стъпки: от валентната до МЗ и след това от МЗ до проводящата. Теоретичната ефективност на такива клетки би могла да надмине 60%. Съществуват различни способы да се създадат соларни клетки с образно казано материал разположен между обичайните n - и p -полупроводници. В предлагания текст, имащ статус на „прогрес статия“, се обръща особено внимание на $InAs$ квантови точки създадени чрез молекулярна епитаксия в режим на растеж на Странски-Кръстанов върху матрица от $GaAs$. Критично са разгледани и няколко наноструктурирани материали и сплави, които също притежават междинни зони като основното внимание е върху препятствията, които трябва да се преодолеят за да се достигне до индустриално и икономически изгодно производство.

<http://www.nature.com/nphoton/journal/v6/n3/full/nphoton.2012.1.html>

Полимерните соларни клетки (ПСК) са само един от видовете органични фотоволтаици, но са от тези които се радват на най-голям бум в изследванията в последните години. Публикации на тази тема от по-малко от 50 през 2000 год. са скочили до над 2000 през 2011 год. Физиката на генериране на фото ток при полимерите е различен от тази при неорганичните фотоволтаици. Когато слънчев фотон бива абсорбиран, електрон прескача от най-високия зает молекулярен орбитал (НОМО) на най-ниския незает молекулярен орбитал (LUMO), създавайки свързана двойка електрон-дупка (екситон на Френкел). Създаденият екситон, чиято енергия на връзка е между 0.1 и 1.4 eV, трябва да успее да мигрира до граница между две области (донор и акцептор), където съществува достатъчно голяма разлика в химическия потенциал способна да го дисоциира. След това всеки от двата заряда трябва да се придвижи до подходящо поставени контакти, избягвайки затвори и рекомбинация. Всеки от тези етапи трябва да бъде оптимизиран, за да се получи желаната висока ефективност. При първите ПСК, в далечната 1979 г., ефективността е била едва 1%. Важен пробив в създаването на органични фотоволтаици е извършен в началото на 90-те години на миналия век, когато за акцептори са използвани фулени (въглеродни молекули, във форма на сфери, елипсоиди или тръби). Предлаганата статия прави обзор на постиженията в направата на ПСК в последните няколко години. Рекордът на ефективност при тях е стигнал 9%. Макар че по този показател ПСК отстъпват на силициевите, те имат редица други предимства. Например, ПСК могат да се произвеждат от разтвори, което в перспектива ги прави най-евтини на ват мощност. Позволяват създаването на гъвкави панели, полупрозрачни стъкла за прозорци и витрини, които произвеждат електричество и редица други екзотични приложения за бита.

<http://www.nature.com/nphoton/journal/v6/n3/full/nphoton.2012.11.html>

Подготвил страницата: Олег Йорданов

БЯГСТВО ОТ ЛАЙПЦИГ

Харалд Фрич¹

Част втора

ПРАЖКАТА ПРОЛЕТ

Прекарах няколко от последните седмици на изтичащата 1967 г. заедно с професор Тредер в Потсдам, в астрономическата обсерватория Потсдам-Бабелсберг, стараяйки се да напредна с проучването си. В края на зимния семестър – през февруари 1968 г. – се върнах при родителите си за няколко седмици. Там извърших подготвителната работа за написването на докторската ми дисертация. Напредвах бързо и до началото на летния семестър през април бях завършил първата част. Бе полезно, защото през последвалите седмици, изпълнени с редица събития, ми оставаше малко време за да се концентрирам върху физиката.

Пражката пролет бе във вихъра си. В университета постоянно обсъждаха събитията в Чехословакия. Александър Дубчек – лидер на словашката партия и реформатор, бе нашият герой. За нас, а и за много други студенти в Източна Германия, новата посока там бе интересна, защото изглеждаше като алтернатива на буржоазната западна социална система, чиито ценности, за много от нас, бяха прекалено едностранчиво свързани с частната собственост. Вече имахме перспектива и за собствената ни страна. Започнах да се колебая, въпреки че от години планирах да напусна Източна Германия. Защо да заминавам, ако имаше шанс за промяна?

В началото на април 1968 г. със Сузане отидохме до Прага, за да видим с очите си нововъведенията. Промяната бе смайваща. За пръв път чухме – от студенти и от преподаватели в университета в Прага – какво означаваше да си свободен, да мислиш и да се изказваш свободно и независимо. Това, което най-много ме впечатли, беше огромният оптимизъм и неизчерпаемата увереност в себе си, с които реформаторите работеха, въпреки предупрежденията от Москва и столиците на другите източно-европейски държави. Половин година по-късно целият свят знаеше, че оптимизмът им не бе оправдан.

Бяхме толкова впечатлени от промените в Прага, че започнахме сериозно да мислим за подобни реформи и в Източна Германия. Нощем, с приятели, често обсъждахме възможността да започнем реформаторско движение. Понякога започвахме разговорите си в кафенето на Университета, където винаги трябваше да следим за бройката на информаторите на ЩАЗИ сред нас.

Лайпциг изглеждаше като подходяща начална точка за реформаторското движение – по-добра от Източен Берлин, защото управлението в столицата беше основно в ръцете на партийните лидери на ОСП и тайните служби. Освен това, Лайпциг бе много по-космополитен – все пак два пъти в годината се провеждаха панаири, които привличаха множество посетители от западните страни.

Рамките на реформите бяха основна тема на дискусиите ни. От години Робърт Хавеман, професор по физикохимия в университета Хумболт в Източен Берлин, бе обсъждал реформите в прословутите си лекции и беседи. Изучавах писанията му с голям интерес и въпреки че не успях да следвам всички идеи, които той беше предложил – особено нереалистичните му икономо-политически идеи – той без съмнение беше нашият идол. Той бе примерът, на който искахме да подражаваме. За съжаление, той не доживя да пожъне реколтата от идеите си, които бе формулирал през 60-те години и които се реализираха на практика с мирната революция в Източна Германия през есента на 1989 г. Той бе тормозен и държан в изолация от комунистическия режим с десетилетия и почина през 1982 г.

В края на април с Лотар решихме да отидем до Прага и да празнуваме Първи май с реформаторите. В този период бе почти като задължение на студентите да участват в манифестациите на тази дата. Младежкото комунистическо движение подчерта на студентите в Лайпциг, че трябва да участват в първомайската манифестация. Никой не биваше и да си помисля да си остане в къщи с родителите си.

Случайно срещнах секретаря на Младежкото комунистическо движение от моята група в деня преди заминаването ни. Той искаше да се увери, че ще участва в манифестацията в Лайпциг. Отвърнах му, че имам по-добри планове. Казах му, че за Първи май ще бъда в Прага. Сигурен съм, че отговорът ми е бил записан в „Кадеракте“ – поверителните лични досиета, които съществуваша за всеки гражданин на Източна Германия. Този инцидент за мен бе пример за продължаващата, почти наивна, увереност в себе си, която реформаторското движение в Прага бе надигнала, не само в мен, но и в много други студенти, които се противопоставяха на режима.

С Лотар пристигнахме в Прага вечерта на 30 април. Успяхме да си намерим стая в едно студентско общежитие. Първи май, който тази година се падаше в сряда, бе прекрасен слънчев ден. Предполагаше се, че ще е най-прекрасният Първи май, който Прага бе виждала през този век. Градът бе развълнуван. Хиляди посетители се бяха стекли в центъра от рано сутринта. Площадът „Венцелс“ бе препълнен с хора, които искаха да участват в парада. Присъствието на международната преса, включително и на западни радио и телевизионни журналисти, бе впечатляващо. С Лотар изчакахме на площада, за да видим как ще се развият събитията.

По-късно сутринта, огромната манифестация-парад, водена от Александър Дубчек, белокошият президент Свобода и министрите от кабинета, достигна площада. Присъединихме се към групата, няколко реда по-назад от Дубчек и преминахме през улиците из централната част на града.

Лотар рязко ме сръчка и ми показва една странична улица, в която група мъже носеха бесило с кукла, която висеше от него, и която бе облечена в униформа на съветски войник. Много хора се усмихнаха при вида на тази тъжна „сцена“.

– О, това е невероятно – каза Лотар, който не знаеше как да реагира. Бях шокиран да видя бесилките. Значението им веднага ми стана ясно. Очевидно част от реформаторското движение бе излязла извън контрол. Случката беше директна обида към

Съветския съюз. Управляващите в Москва нямаше да толерират подобно поведение при никакви обстоятелства. От този момент нататък имах предчувствие за това, което предстоеше.

Погледнах към другата страна на улицата и видях няколко човека, чиито умишлено невзрачни дрехи веднага разпознах, и които правеха снимки на демонстрантите, пристигащи от основния парад.

– Лотар, те изглеждат като хората от ЩАЗИ в Източна Германия. Хайде да се махаме от тук. Кой знае какво ще се случи, ако някой ни разпознае на тези снимки.

Отделихме се от парада и се върнахме на площад „Венцелс“. В този момент осъзнах, че поведението ми бе нелогично, защото бях заявил на хората в Лайпциг, че отивам в Прага за първомайската манифестация. Но когато видях бесилото, самоувереността ми, вярата ми в реформата изведнъж се бе изгубила. Не се страхувах, но имах съмнения. Щастливото ми настроение тотално се бе изпарило.

– Наясно ли си какво може да се случи? – попитах аз.

– Нищо не ми е ясно – отвърна Лотар – но признавам, че отидоха твърде далеч с перченето с куклата от Червената армия.

– Страхувам се, че този ще е последният Първи май, който ще се празнува по този начин в Прага. Москва повече няма да бъде пренебрегвана.

– Какво биха направили? Червената армия да навлезе в Чехословакия? Ще се предизвика клане и то би довело до война с американците. Не, не вярвам, че руснаците ще си го позволят.

– Може би си прав. Надявам се, но съм скептично настроен.

Вечерта на този паметен ден изкарахме с приятели в дома на Йозеф Хуеле, инженер, с когото неотдавна се бяхме запознали и който участваше активно в реформаторското движение. По-късно той ни изпрати до квартирата ни. Докато се сбогувахме се уговорихме да се срещнем отново през лятото. Нямах представа, че ще минат двацет години преди следващата ни среща. Едва през 1986 г. отново срещнах Йозеф, който сега се казваше Джо, в къщата му на езерото Тахо в Калифорния, където вече живееше със съпругата си.

Напуснахме Прага на следващата сутрин. Вземехме влака за Дрезден, където се разделихме с Лотар, защото исках да изкарам уикенда с родителите си.

Беше необичайно топло за този период от годината. Когато слънцето изгръ в неделя сутрин, реших да се разходя с мотор из планините Ерцгебирге. Пътуването ме отведе до Хартенстейн, след това до Ауе, а от там в планината, чието било бе граничната линия с Чехословакия.

Приближих се до границата на изток от Йохангеоргенстад. Пътувах по чакълест път през гората близо до Обервайзентал. Спомнях си, от предишни екскурзии, че тази пътека водеше директно към границата.

Внезапно бях спрял от патрул на Червената армия, който бе издигнал временна барикада. Започнах разговор със съветските войници, въпреки че руският ми не бе много добър. От тях разбрах, че граничната зона е затворена от два дни. Те ми казаха,

че е рутинна военна операция. Испитах подозрение. Знаех, че от време на време части на Съветската армия провеждаха общи военни учения заедно с армията на Източна Германия. Преди години бях участвал в подобно учение близо до границата с Полша. Но никога не бях чувал учения да се провеждат толкова рано през май.

Войниците ме почерпиха с цигари „Папироси“, от които неохотно пуших, и продължиха да ми обясняват, че е голямо учение, включващо много военни части и танкове. Помислих си, че е странно, че дават толкова информация, защото обикновено не бе разрешено да се споделя с външни лица. Мислех си, че когато бяха базирани в Източна Германия, те никога не разговаряха с местните граждани. Беше разбираемо, защото повечето хора знаеха много малко или не знаеха руски език. Нямаха желание да учат руския, който бе задължителен в училище.

Войниците започнаха да се държат приятелски, когато осъзнах, че се справям добре с езика им и още по-открити, когато им разказах за пътуванията си до Москва и Ленинград преди година.

Малко по-късно се върнах през гората – от където бях дошъл – но само до някъде. Паркирах мотора зад едни храсти и пеш се върнах към границата. Първоначално вървях не много близо до пътя, но после завих и се отправих напъряко към границата. Стигнах до сечище с няколко поляни. Вече можех да видя с очите си това, което ми бяха разказали войниците. Близо до границата с Чехия имаше стотици войници, които се бяха разположили на палатки и във фургони. Можех да видя и танкове, и оръдия.

Няколко дни по-рано, докато слушах БиБиСи, чух че се провежда необичайно голямо военно учение близо до границата с Чехия. Това учение се дублираше с вероятна инвазия в Чехословакия от войници на Варшавския договор. Говорителят от БиБиСи подчерта, че е само предположение, и че няма признаци за предстояща инвазия. Въпреки това, гледката на съветските войници бе причина за размисъл.

Случката на границата с Чехия все още бе в мислите ми на следващия ден, когато пристигнах в Лайпциг. Обсъдих я с приятелите си. Накрая решихме да не преувеличаваме ситуацията. Някой от групата спомена, че чул, че части от Варшавския договор щели да имат военни учения и през лятото, само след няколко седмици. Движението на войските, което бях забелязал по границата с Чехия, най-вероятно бе само предварителни учения.

Само няколко месеца по-късно се оказа нещо много по-голямо. Военните учения бяха подготовка за инвазията през август 1968 г.

УНИЩОЖАВАНЕ НА ЦЪРКВАТА – МАЙ 1968

В деня след завръщането ми от Прага чух мълга, която ме бе застигнала преди месеци. Стариат университет, Августеумът и църквата „Св. Павел“ може да бъдат взривени. Когато чух това за първи път, не го взех насериозно. Да взривиш една от най-старите и запазени църкви в Източна Германия би било пълна лудост. Дори правителството на Улбрихт не би посмяло да направи подобно нещо. Преди време представители на партията, предвождани от г-н Фройлих, регионалният секретар

на СПЕД, пожелаха събарянето на университетската църква и на Августеума, но не успяха да убедят правителствения щаб в Берлин.

Когато председателят на СПЕД – Улбрихт – на няколко пъти разкритикува бавното темпо при възстановяването на центъра на Лайпциг, г-н Фройлих се почувства засегнат. Затова той заповяда възстановяването на площад „Карл Маркс“. Мотото му бе: „Този площад ще бъде най-красивият площад в цяла Европа“.

През пролетта на 1968 имаше пет различни проекта за възстановяването на западната част на площада. Само една от идеите включваше църквата „Св. Павел“ – тази на един архитект от Рощок. Всички останали планове включваха премахване на църквата и на Августеума.

Беше ясно от самото начало, че СПЕД би искала да види църквата премахната. Тя беше трън в очите им с години, защото традиционно опозиционните групи се срещаха там. Унищожавайки църквата, партията искаше да удари в сърцето лайпцигското опозиционно движение.

Гражданите на Лайпциг, широката общественост от Източна Германия, както и международната общественост бяха изненадани, че партийните шефове бяха избрали скиците на берлинския архитект професор Хензелман, който беше построил сталинската алея в Берлин и тези на лайпцигския градски архитект Зигел. Скоро след като изборът беше направен, безпрецедентната медийна кампания започна. Никой не мислеше да попита за мнението на гражданите на Лайпциг, които винаги бяха намирали университетската църква на Св. Павел и Августеума за част от познатото минало, която трябва да се запази. На 7 май 1968 се състоя среща на длъжностни лица от партията, включително Улбрихт, на която те решиха, че църквата и Августеума трябва да бъдат разрушени.

Партийните лидери на СПЕД в Берлин и Лайпциг имаха дързостта да вземат одобрение на решението да унищожат тези важни културни монументи от лайпцигското общинско събрание. Това се случи на 23 май 1968. Важни персони бяха поканени, включително и бившият вице-канцлер на университета проф. Георг Майер. Той беше взет рано сутринта от дома си, за да не може да отиде до местния бар, да пийне добре и вероятно да забрави какво трябва да каже.

На следващата сутрин, г-жа Хемпел дойде в моята стая, държейки превъзбудено лайпцигския вестник в ръка:

– Не мога да повярвам. Прочети какво пише. И те се наричат правителство – те са разбойници и мошеници до един!

Набързо прочетох уводната статия, която обявяваше планираното събаряне. Статията завършваше със следните думи: „23 май ще влезе в лайпцигската история като значим ден“.

И това беше точно това, което се случи. Това, което стана този ден в лайпцигското кметство, беше жалък акт без паралел в немската история. Въпреки, че членовете на общинската власт бяха напълно наясно, че гражданите на Лайпциг бяха против събарянето, те се съгласиха университетската църква и Августеума да бъдат разрушени. Пол Фрьолих не се чувстваше засрамен, когато обясняваше на събранието в кметството:

– Ние взимаме предвид всички коментари и съвети, които бяха пратени от лайпцигските граждани и от цялата страна.

Трудно може да бъде намерен такъв цинизъм.

Един делегат, чието име беше Зоргенфрай (името означава „безгрижен“), каза:

– Ние няма да победим капитализма, като възстановяваме и преобзавеждаме стари сгради, но ще го победим с най-скорошните постижения на науката и технологията.

Делегатът д-р Улман от източноевропейската Християн-демократическа партия не се изчерви, когато обявяваше:

– От името на общинските делегати, принадлежащи към Християн-демократическата партия, бих искал да изкажа моята признателност за отличното постижение на участващите архитекти и експерти.

Авторът Ерих Лъост по-късно написа за членовете на градското управление в своята книга „Voelkerschlachtdenkmal“²: „Какво можеше да стане, ако те бяха гласували против събарянето? Щяха да се окажат в затвора ли? Или щяха да им вземат пенсията? Затвор – вероятно не; отнета пенсия – вероятно. Днес всеки в Лайпциг обича да казва, че това са били диви времена. Улбрихт и Фрьолих бяха тези, които поискаха да унищожат църквата, но всички делегати, които бяха в общинското управление през 1968, са виновни. Цялата им среща беше едно събиране на мръсници.“

Имаше нарастващ бунт в града и околностите. Примерът на Александър Дубчек в Прага създаде прецедент. Парламентът в Берлин и лайпцигските общински делегати създадоха опасна ситуация с решението си.

Първоначално комунистическата власт в Лайпциг беше планирала да взриви църквата през юли, но когато видяха как нараства процесът те осъзнаха, че трябва да действат бързо. Още една причина за избързването беше натискът от Улбрихт. Когато Сузане и аз пристигнахме на площад „Карл Маркс“ в следобед на 23 май, заедно с много хора трябваше безпомощно да наблюдаваме как пространството около университета и църквата бе заградено с кордон.

Полицейският отряд беше налице на площада, няколко минути след като решението на делегатите беше финализирано. Същата вечер, само няколко часа след събранието в кметството, първите дупки за полагане на експлозивите бяха пробити в стените на църквата, същата църква, която беше оцеляла седем века на опасности и войни.

В центъра имаше демонстрации през вечерта на 23 май и следващите дни. Всяка вечер Сузане и аз отивахме близо до площад „Карл Маркс“. От стълбите на операта ние бяхме свидетели на сцена, която никога няма да забравя и която ми напомня толкова много на сцена от филма „Броненосецът Потьомкин“ от Сергей Айзенщайн. Голяма раздразнена тълпа от около двеста човека се събра пред операта, включително около петдесет шпионина на тайната полиция и изведнъж отряд от полицията нахлу и започна бой. Накрая чух да се дава заповед и въоръжената полиция тръгна към демонстраторите в тясна формация. Хората се разбягаха, млада жена с детска количка падна и детето се търкулна на паважа и заплака. Полицията мина безмилостно през жената и детето – ранени, те останаха на земята.

Останахме в центъра до полунощ. Лайпциг представляваше една необикновена картина през тези дни. Градът гъмжеше с непознати, които очевидно бяха от тайната полиция. Изглеждаше сякаш правителството бе събрало заедно всички възможни отряди на ЩАЗИ от Източна Германия и ги беше изпратило в Лайпциг. В предградията членове на армията и специални отряди на тайната полиция не бяха пропуснати. Бронирани превозни средства преобладаваха на сцената: те бяха подготвени за всички възможности.

Започнах да си мисля за възможните протестни действия. Беше ясно, че събарянето не може да бъде спряно, но аз чувствах, че беше нужно най-малко да покажем на партийните лидери, че имаше сили сред гражданите, които искаха и можеха да изразят протест срещу налудничавата заповед, дадена от Берлин. Но какво можеше да бъде направено с ограничени ресурси и възможности?

Всеки път, когато бях в Лайпциг се срещах с братовчед си Гюнтер Фрич. Той беше малко по-възрастен от мен и две години по-напред в обучението си по физика, но имаше много общи приятели. Често посещавах дискусии в неговия апартамент. Междувременно той бе завършил обучението си и сега работеше върху докторатурата си по биофизика в университета.

Гюнтер имаше връзки с кръгове от църквата в Лайпциг. Основно чрез бъдещия си пастор, който беше пастор в квартал Голис в Лайпциг. Той ми каза за възмущението сред клира и хората близки до църквата.

Често също виждах Шефан Велск – студентски приятел на Гюнтер. Бях се запознал с него преди две години, когато той беше асистент и трябваше да проверява домашните ми по теоретична физика.

Шефан избра да учи физика заради интелектуалното предизвикателство, което тази работа предоставяше. Общо взето, неговия основен интерес бяха литературата и философията. Необикновената му памет му позволяваше да рецитира безкрайни пасажии от поеми на Бертолд Брехт, Гьорг Хайм, Готфрид Бен и др. Той делеше голям апартамент с баща си в Голис. Апартаментът би бил истинска златна мина за тайната полиция, с цялата литература, която застрашаваше държавното отношение.

Шефан ми осигури цялата литература от забранения списък, за която ние жадувахме. Той ми даде книги на Камю, Сартр и „1984“ на Джордж Оруел, която ми беше позволено да задържа само за 24 часа. Сузана и аз прочетохме книгата заедно за една вечер. Чрез връзките на Шефан, аз успях да прочета забранените поеми на Бертолд Брехт и Готфрид Бен и не на последно място съвременни западногермански списания.

Сега обратно към събарянето на църквата. Когато решението за събарянето на църквата стана публично достояние, имаше незабавен отзвук отвсякъде. Теоложкият факултет и семинарията на Университета се обявиха открито против събарянето. Много протестни писма достигнаха до кмета Кресе, който се обяви в пълна подкрепа на унищожението на църквата. Президентът и правителството на Западна Германия в Бон протестираха напразно. Последната служба в църквата „Св. Павел“ беше отслужена пред препълнена зала на 23 май, което се случи да бъде Възнесение.

След това можеше да се влезе в църквата само със специално разрешение. Църковни сановници успяха да спасят няколко ценни артефакта в последната минута. Трябваше

да се замисля за множеството книги, които бях проучил, докато работех в библиотеката. Също така се замислих за г-жа Вернер, чиято „собственост“ щеше да е изчезнала след няколко дни. За щастие двете най-ценни части на органа можеха да се разглобят.

Събарянето беше планирано за 30 май – точно една седмица, след като решението бе взето. На студентите бе казано, под заплаха от наказание, да продължат обучението си както нормално и при никакви обстоятелства да не отиват в центъра.

Сузана и аз решихме да игнорираме това и на следващия ден, който беше красив и слънчев майски ден, отидохме с велосипедите си до центъра. Ние ги оставихме близо до музея „Граси“, което беше на около 200 метра източно от площад „Карл Маркс“. Вървахме до барикадата, която бе издигната от полицията в радиус от 300 метра от мястото на детонацията. Хиляди лайпцигски жители бяха там. Гъмжеше от полиция и „неподозрителна“ тайна полиция.

Заедно с дузина други, сред които без съмнение имаше агенти на тайната полиция, намерихме купчина чакъл, от където можехме да виждаме площада „Карл Маркс“. Нощта преди детонацията, ели бяха поставени срещу по-ниските стени на църквата и Августеума за да олекотят силата на експлозията и да ограничат разпръскването на прах. Също така много празни трамваи бяха спрени на площада за да отслабят ударните вълни от експлозията.

Когато наближи 10 часа, камбаните на всички църкви в Лайпциг започнаха да бият. Сузана тихомълком ме погледна със сълзи в очите. Доколкото можех, се опитвах да играя неутралния наблюдател, който бе дошъл да види събарянето на старата църква и Университет от чисто любопитство. Беше трудно да прикрием нашия гняв и отчаяние.

При първия приглушен взрив Сузана потрепна. Серия от експлозии отекна из улиците на Лайпциг. Първата експлозия събори основите на църквата. Устоялата седем века църква, сега се срути; огромен облак от прах обхвана центъра на Лайпциг.

Сузана ми прошепна:

– Не мога да повярвам. Един ден това ще бъде отмъстено. Те започват да унищожават собствената си държава – нашата страна. Това е началото на техния край.

И тя щеше да се окаже права. Две десетилетия след взрива на същия площад, бурята започна да помита правителството на Източна Германия. В този контекст унищожението на университетската църква не беше напразно. В същото време желанието на СПЕД да удари опозиционното движение в сърцето не се сбъдна. Ролята на „Св. Павел“ като място за среща бе поета от църквата „Николай“, която беше само на 200 метра.

Когато експлозиите свършиха, някои хора около нас ръкопляскаха, други крещяха или подсвиркваха. Млад мъж извика „Престъпници!“. Тайната полиция започна да „работи“ и побоищата започнаха. Един стар мъж, който открито даде израз на протеста си, бе пребит и разкъравен, бе вкаран в една кола. Един човек, който бе пренебрегнал стриктната заповед да не се снима събарянето на църквата бе отведен, след като камерата му бе избита от ръката.

Тайната полиция нямаше идея, че само на няколко метра от там, един смел фотограф, Карин Вийкхорст, бе заснел всички фази на взривяването със специална камера



Снимка 1. Фотографът Карин Вийкхорт успя да заснеме църквата по време на унищожаването с помощта на специална камера



Снимка 2. Поредица от експлозии отекна из улиците на Лайпциг...

от един прозорец на музея „Граси“ (вж. Снимките). Сузана и аз отидохме в студентското кафе. Само няколко студента бяха имали куража да не уважат забраната да наблюдават детонацията. Можеше да усетиш колко обезсърчени бяха студентите този ден. Сузана и аз също бяхме погълнати от безнадежност. Заведох я къщи и прекарахме вечерта заедно. Говорихме си за нашето бъдеще.

– Какво ще стане с нашата страна, какво ще стане с нас? – гледаше ме тя въпросително – Когато църквата се срути днес, трябваше да се замисля за тези въпроси. Чувствам, че не искаш да останеш тук. Ще заминеш, нали?

Отпих малко вино и я погледнах тихомълком. След това и казах бавно:

– Какво друго трябва да направим? Те ще унищожат тази държава напълно. Точно както нацистите направиха преди тях. Не мисля, че има смисъл да останем, освен ако няма промени както в Прага. Но след всичко, което се случи днес се съмнявам, че може да има промяна. Може би ще се опитам да избягам тази година. След това ще изкарам теб.

– Не знам какво да правя. – каза Сузана – Когато всеки, който може да донесе промяна си тръгне, ще стане по-зле. Тогава нищо никога няма да се промени. Също така, както знаеш, майка ми никога няма да напусне родината си.

Аз кимнах. Бях говорил с майката на Сузана няколко пъти, относно възможността да напусне Източна Германия. Тя направи жест на отказ. Като лекар, тя бе необходима на родния си град и след като Сузана бе в много близки отношения с майка си, ми беше ясно, че ще бъде изключително трудно за нея да ме последва на запад и да остави майка си, при положение, че може да не я види никога повече.

В полунощ аз напуснах апартамента и отидох бавно до стаята си, и усетих, че 30 май 1968 г. бе решаваща точка за посоката, в която бъдещето ми ще поеме.

ПОДГОТОВКА И ПОСЕЩЕНИЕ ОТ ТАЙНАТА ПОЛИЦИЯ

Само ден след като университетската сграда и църквата „Св. Павел“ бяха взри-

вени, аз отидох при братовчед си Гюнтер. Седяхме заедно и обсъждахме най-скорошните събития и се съгласихме за едно нещо – унищожаването на тези сгради не може просто да бъде прието. Някаква открита демонстрация трябваше да бъде направена срещу комунистическия режим, за да осъзнаят, че са стигнали прекалено далеч.

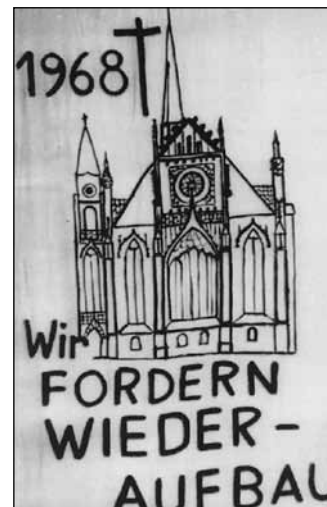
– Какво можем да направим? Имаш ли някакви конкретни предложения? – попитах Гюнтер.

– Може да организираме някакви протестни действия по време на официално събитие. Може да разпънем плакат – нещо такова.

– Мисля сравнително по същия начин. – казах аз – Може да спуснем плаката от църквата „Св. Тома“ и да избягаме бързо.



Снимка 3. докато седемвековната църква не бе изчезнала



Снимка 4. Плакатът, който беше нарисувал Рудолф Тройман се спусна на 20 юни 1968 по време на последния концерт от международния фестивал „Бах“ в конгресната зала на Лайпциг

– Наистина си оптимист. Мислиш ли, че може да ни се размине? – попита Гюнтер – Знаеш, че тайната полиция винаги са включени като гости при всяко събитие в църквата „св. Тома“. Няма да стигнеш много далеч. Дори наистина да искаме да поемем този риск, трябва да го планираме много внимателно. И все пак, най-доброто събитие, на което можем да направим подобна демонстрация, е последният концерт



Снимка 5. Мемориалното съоръжение на площад „Август“, показващо очертанията на бившата църква „Св. Павел“

и забелязах, че имаше противопожарна стълба вдясно от сцената – уред, който би бил полезен за поставяне на плакат над сцената.

На следващия ден, когато видях Гюнтер, той ме дръпна настрана и попита:

– Чу ли новините за Шефан?

– Какви новини? – попитах аз – Да не би да е направил някоя глупост?

– Тази сутрин чух, че е намерен голям постер на църквата „св. Томас“ гласящ: „Също да бъде взривен“. Познай от три пъти кой е бил.

– Очевидно е Шефан, кой друг? – засмях се аз.

Гюнтер продължи:

– Тайната полиция се появи на място веднага и всички се покриха на момента. Църковните лидери се страхуваха да не е било предназначено за провокация към ЩАЗИ. Доста странно бе, че нито клира, нито хората от СПЕД разбраха хумора на това абсурдно искане. Не го схванаха.

– Все пак хумор и разпространение на шеги е последното нещо, в което бихме заподозрели СПЕД; и църковните хора са прекалено уплашени на този етап.

Подказах, че имам някои идеи какво да правим по-нататък, но не исках да съм конкретен, преди да го бях обсъдил с Шефан насаме.

На следващата сутрин отидох да го видя у тях в Голис. Баща му отвори вратата. Шефан още спеше, така че се опитах да се пошегувам:

– Ставай! Ако продължаваш със своите постери по немски църкви, скоро ще те назначат като санитар в затвора в Бауцен – там стават рано. Може да свикваш още от сега!

на международния конкурс „Бах“, когато някои музиканти получават престижни награди. Състезанието ще се състои скоро. На това събитие се гледа не само като на културно, но и като на политическо – много важни клечки от партията и от правителството ще бъдат там.

– Това звучи страхотно. Ще помисля върху детайлите, които биха могли да го направят успешно. Докато се прибирах, си мислех за разговора ни по-подробно. Гюнтер бе прав, че този концерт ни предоставя добър шанс, но по време на дискусията аз останах със силното впечатление, че той е готов да дава идеи, но не и да е намесен активно. Можех да го разбера, защото за него бягането от страната не бе алтернатива. Той не беше източногермански гражданин „на повикване“ като мен, а беше предназначен да стои точно тук.

Попитах го относно някои детайли и разбрах, че последният концерт нямаше да се състои, както очаквах, в църквата „св. Тома“, а ще бъде на 20 юни в Конгресната зала, точно до зоологическата градина. Преди време бях виждал сцената на Конгресната зала

– Може би си прав – отговори той, – но телосложението ми е слабо.

– Все пак мога да те поздравя, че си сам в леглото. Това говори за смекчаващи вината обстоятелства.

– Мога да се справя и без тях.

– Ставай от леглото тогава. Задачите те чакат. Трябва да дадем на Улбрихт „шамар зад врата“.

– И ти наричаш това работа? Това не е нищо повече от удоволствие.

С този коментар, той скочи от леглото и двамата станяхме сериозни.

Разказах му за плана: докато последният концерт от състезанието на международния фестивал „Бах“ отива към края си, един плакат ще бъде забележимо спуснат над сцената.

– И как очакваш да направиш това, без да си упълномощен? Още същата вечер, ще бъдеш във възвишената поза на изстискан лимон в мазето на затвора на ЩАЗИ.

– Може да успее с бързо механическо отпускане и след това да изчезна внезапно.

– Глупости. Все пак ние сме физици. Просто ни трябва електрически ключ, свързан с часовник. Даже не е нужно да присъстваме; часовникът ще свърши работата вместо нас.

С най-голямо усилие тръгнахме. Шефан пое изчисленията и двамата бяхме изумени от техническите детайли и даже не помислихме за рисковете, които поемаме.

– Така да бъде. – каза Шефан – Ти ще се погрижиш за превключващия механизъм, а аз ще проверя плаката.

– И какво ще показва той? Трябва ни някой, който може да създаде хубав образ, художник по възможност.

– Аз ще се погрижа за това. Отивам в Потсдам утре и ще го вземем от там, но трябва да побързаме – концертът е само след 10 дни.

– Добре – казах аз. – Отивам вкъщи за уикенда. Ще се опитам да намеря полезен механизъм в работилницата си.

Следващият уикенд бях в Рейнсдорф. Все още имах малка работилница за електроника в къщата на родителите си, където като ученик натрупах началния си опит с радиа и преподаватели. Там бях сглобил прост електрически механизъм, който да се стартира от часовник. Достатъчно силно бе да разгърне тежък плакат в точно определено време.

Изпробвах механизма си няколко пъти с ограничен успех. Понякога работеше, понякога – не. Механизмът не беше особено надежден. Все пак се нуждаехме от устройство, което би работило надеждно в 100% от случаите, а не в 99%! Тогава се сетих, че като малък бях сглобил стартер със само едно приспособление – да включва радиото в хола ни, без да е нужно да ставаш от леглото. Беше съвсем просто. Бях закрепил за пръстена на часовник с аларма малък въртящ се вал. Веднага щом алармата прозвучеше, валът започваше да навива нишка, която беше достатъчно силна за да включи радиото. Това може би е моето решение!

Взех назаем от майка си един голям стар часовник с аларма и изкопирах старото си устройство. Оказа се достатъчно силно да изкара един гвоздей, който трябваше

да придържа навития плакат. Всичко работеше добре. В голямата работилница на баща си накрах тежка дървена дъска да пада няколко пъти от най-горния етаж чрез устройството. Бях решил проблема си!

Когато отново видях Шефан в началото на следващата седмица, направо му казах и това го мотивира да работи. Той държеше да не ми казва никакви детайли, така че ако нещо се случи с полицията, аз щях да мога искрено да кажа, че нямам никаква представа за това. Чак по късно, когато вече бяхме избягали на запад, разбрах детайлите.

В магазина в Потсдам, който беше специализиран в плат за флагове, той купи голямо парче жълт плат – около 2,5 на 5 метра. В Берлин той търсеше часовник с аларма, който беше възможно най-голям и здрав с много шумен звън. Откри такъв в един ведомствен магазин на площад „Александър“.

Шефан бе получил стипендия за завършил в Потсдамската академия на науките, затова често пътуваше между Потсдам и Лайпциг. В Академията той се бе срещнал колега с подобни възгледи. Неговото име бе Рудолф Тройман. Аз също познавах Рудолф и понякога го посещавах заедно със Шефан в неговия институт близо до известната Айнщайнова кула. Рудолф не беше само физик; той също така се занимаваше с рисуване в свободното си време. Не само това – той също се интересуваше и от музика.

Когато Шефан го попита дали ще нарисова нашия плакат, той ентусиазирано се съгласи. Неговото съгласие демонстрира възхитителен кураж. Все пак той имаше семейство с две малки деца и за разлика от Шефан и мен, той не планираше да напуска Източна Германия в обозримото бъдеще.

Работата, която той току-що бе приел да свърши в стаята на Шефан в Потсдам, не бе лесна. Той трябваше да рисува върху едно сравнително голямо парче плат в една малка стая. Неговата хазайка беше достатъчно умна, за да добие представа, че това, което се случваше в апартамента ѝ, трябваше да остане в тайна. Тя се преструваше прекрасно, че не знае нищо.

През този период аз работих трескаво върху подготовката за моите изпити. В началото на май бях казал на професор Тредер в Потсдам, че планирам да предам моето вече завършено предварително проучване за докторската ми дисертация като магистърска дисертация. Това щеше да сложи поне една начална академична степен в моя списък. Все пак, аз не бях сигурен, дали все още щях да бъда в Източна Германия през есента. И за да започна сериозна работа на запад, щеше да бъде преимущество да имам диплома.

Тредер смънка нещо за себе си и след това ми каза:

– Откровено не разбирам. Ти трябваше да отидеш директно на докторантура. Защо, за Бога, би се явил за магистратура? Никой няма да се интересува от нея, в момента в който си вземеш докторантурата.

– Вие сте прав при условие, че остана в академичния свят, но кой знае какво ме очаква? Може да се окаже в индустрията, където магистратурата се цени. Във всеки случай, да добавя тази относително по-ниска степен не може да е грешка. Не ми струва нищо, освен че трябва да мина допълнителните изпити.

Професор Тредер ме гледаше внимателно и аз имах чувството, че той усети, че може би имах странични мотиви, но той ми каза да продължавам.

Съответните изпити щяха да бъдат насрочени за края на юни.

Една нощ след вечеря, когато се прибрах вкъщи със Сузана, г-жа Хемпел имаше странни новини за мен – някакъв мъж ме беше търсил. Тя беше разтревожена:

– Нека ти кажа това – той не изглеждаше като някой, който искаме да ни наблюдава. Бъди внимателен! Той не искаше да приеме „не“ за отговор, така че му казах да дойде отново утре сутринта.

На следващата сутрин работих вкъщи, звънецът звънна около 10. Г-жа Хемпел отвори вратата и съпроводи посетителя до мен. Седнахме на дивана в стаята ми. Той бе около 40 годишен, прилежно облечен с бяла риза и вратовръзка. Извини се, ако е прекъснал работата ми и си дойде на думата:

– Аз идвам от регионалното партийно бюро. Отговарям за сигурността. Моля не се изненадавайте, че идвам да видя вас и не бъдете разтревожен. Ние знаем, че вие сте един от най-добрите студенти във физичния институт и че работите по докторската си дисертация. Също така знаем, че не винаги сте съгласен с нещата, които стават в нашата държава. Наясно сме за вашите контакти с хора в Лайпциг, които не одобряват всички директиви, издадени от партията. В същото време ние вярваме, че сте амбициозен и че искате бързо да се издигнете. За да ускорим прогреса си мащабно, ни трябва възможно най-широк консенсус сред народа. Сигурен съм, че разбирате. За да осигурим сигурността на нашата държава в борбата ѝ срещу западния империализъм, ние трябва да работим в тясно сътрудничество не само с партийните членове. Моля помислете над това: бихте ли искали да ни помогнете? Ако е така, това няма да се окаже във ваш ущърб. Вие сте 25 годишен и вероятно ще вземете докторантурата си следващата година. Може бързо да напреднете в кариерата си; вероятно да станете професор много скоро.

Бях втрещен. Беше ли това просто капан от Държавна сигурност или наистина бяха толкова безсрамни, че да ми предлагат да стана шпионин за държавата? Очевидно трябваше да бъда много внимателен. Очевидно не разбирах цялостната картина и предпазливо прецених ситуацията:

– Та какви колаборационни действия мислите, че биха били от полза?

– Като за начало, не е нужно да правите нищо. Ако се съгласите да ни помогнете първо ще го обсъдим в главната ни служба и аз ще се свържа с вас по-късно.

– Това звучи добре, но бих искал да знам какво ще представлява работата ми. Все пак аз съм учен и не се интересувам особено от политика. Трудно ми е да си представя какво може да очаквате от моето участие във вашата работа.

Служебното лице с усмивка на лице каза:

– Вие знаете, че тези неща се развиват с течение на времето. Нека ви дам пример. Вие работите тук, във физичния институт, и едновременно с това в Академията в Потсдам. Ние, например, може да имаме нужда да получим определена информация засягаща директора на института по теоретична физика, професор Хебер, и неговите сътрудници. Вие може да ни бъдете доста полезен в тази насока – просто пример. Основното е, че ни трябва надеждни сътрудници, на чиято гъвкавост можем да разчитаме. Специфичните задачи просто ще изскочат. Между другото, вашето сътрудничество ще бъде заплатено щедро, имайки предвид работата ви.

Значи така – тайната полиция искаше да купи услугите ми в този контекст: да бъда шпионин във физическия институт. Не че това беше невероятно, шпиони имаше във всички институти и аз бях наясно, че много работни места в Източна Германия, особено професорски, се печелеха чрез такива дейности.

На ум премислих дълъг списък от приятели и познанства. Беше ли възможно някой от тях вече да е шпионин? Последствията от такава вероятност щяха да бъдат достатъчно ужасни, за да ме изплашат. В тази държава на кого все още можеше да се вярва? Изведнъж усетих, че може би съм действал на добра воля прекалено често. Във всеки случай, към този момент имах нужда да спечеля още време.

– Не знам – отговорих. – Разбирате, че трябва да помисля малко над това.

– Разбира се – каза той. – Ние знаем, че такива решения не се взимат лесно. За никъде не бързаме. Само ми кажете кога трябва да се върна, за да продължим този разговор.

– Вече е юни. Моите изпити наблизават и след това бих искал да си взема ваканция, така че какво ще кажете за началото на септември?

– Добре, въпреки че това може би ще е малко късно, но ако мислите че не можем да постигнем съгласие и преди това, нека бъде така. Ето моя адрес за всеки случай. Винаги може да ме намерите по телефона, ако достигнете до решение преди септември. Положително решение, надявам се. Успех на изпитите и се надявам да се насладите на ваканцията си и моля ви не споменавайте визитата ми пред никого – нито дума за това! Кажете на хазайката си, че съм ваш далечен роднина, ясно?

Заведох посетителя до вратата и за да избегна тревогата сред приятелите си, не споменах за странното предложение на човека от тайните служби на никого – нито на г-жа Хемпел, нито на Сузане.

На следващия ден попитах професор Хебер дали ще може да говоря с него в института. Оказа се, че той не бе изненадан за визитата на човека от тайната полиция, когато му казах за нея. Останах с впечатлението, че той бе очаквал подобен шпионски подход и го понесе стоически. Накрая той ми каза:

– Ти знаеш, че не мога да го приема като трагедия. Когато живееш в държава като нашата, трябва да очакваш такива неща, но съм притеснен за теб. Опитай се да се пазиш от това, без да забъркваш бъркотии. Аз вярвам, че ще успееш да намериш някакво решение.

Благодарих му за нашия разговор и му обещах да го държа в течение. Стана ми ясно чак след като напуснах офиса му, че може би съм направил грешка, че може би там имаше някакъв невидим микрофон и че тайната полиция бе подслушала нашия разговор. Реших да бъда по-внимателен занапред.

Професор Хебер бе получил предложение за работата си в Лайпциг в началото на 60те, когато е бил сравнително млад. Той бе един от малкото професори, който не бе склонен да обслужва безусловно комунистическата партия – за кратко време стана един от малкото хора, които имаха доверието на студентите, които се считаха за опозиция на държавата. Оказа се, че след като напуснахме Лайпциг, той бе преместен в Дрезден, където в продължение на няколко години е работил в техническия универ-

ситет. В средата на 70 – те на него му беше разрешено да отиде на конференция във Франция. Той не се върна в Дрезден. Прие оферта да оглави института по теоретична физика към Дуйсбургския университет, Западна Германия. След бягството си на запад неговите колеги от Дрезден гласуваха да го освободят от длъжността му – факт, който утвърди един отличителен белег на дрезденската академична общност.

До ден днешен не съм намерил причината, поради която тайната полиция установи връзка с мен. Може би те подозираха някаква нелоялност към тяхната система, но можеше и да е това, че се надявах да ме направят част от тяхната операция. Но аз мисля, че тайната полиция на Източна Германия опита да вербува повечето, ако не и всички, млади учени, които имаха потенциал да станат преподавателски или професорски персонал в университета. Повечето от университетските преподаватели в Източна Германия, които бяха наети след като голямата стена бе построена да раздели Източна и Западна Германия, най-вероятно бяха във връзка с тайната полиция. В тези времена бе изключително някой от университет в Източна Германия да получи висока академична позиция само заради своята компетентност, освен ако не бе член на партията или не правеше специални поръчки за тях.

Разбираемо е, че комунистическата партия в Източна Германия имаше специален интерес към университетските кръгове. Все пак преподавателите в тези институции затвърждаваха чрез контактите със студентите – хората, които щяха да бъдат лидерите на следващото поколение, – своето влияние върху тях. Въпреки това широко разпространеното подкупване на професори и академични служебни лица и съветници в Източна Германия бе уникално сред източноевропейските държави. Във всички други държави от този регион, освен Румъния, преподавателите получаваха либералност и свобода на движение, които не бяха разрешени в други сектори на това общество. Вземете Полша например – членство в комунистическата партия се считаше за пречка за университетска кариера.

За няколко дни посещението на агента на тайната полиция витаеше в мислите ми. Бях му споменал, че имам намерение да взема решение до септември, докато в действителност мислех да избягам от държавата през лятото, но какво щеше да стане ако още бях там през септември?

По това време, международният музикален конкурс „Бах“ бе започнал и бе заел всички музикални места в Лайпциг. В самото начало на конкурса нещо се случи – една група от американци, които взимаха участие в състезанието на орган, направиха демонстрация през града. Те носеха голям плакат, изразяващ протест срещу взривяването на университетската църква. Те бяха преки жертви, защото първоначалните планове за състезанието включваха органа в университетската църква „св. Павел“, както в предишни години и след като той нямаше да бъде достъпен, съответните концерти трябваше да бъдат в църквата „св. Тома“.

Вечерта срещу 20 юни, деня на заключителния концерт, отидох да видя Щефан в Голис.

– Как върви плакатът? – попитах аз.

– Ето тук е. Искаш ли да го видиш?

Ние развихме големия сноп от текстил и покрихме голяма част от пода с него. За да го видим напълно, аз се качих върху един стол за да имам по-добра гледка. Видях огромна рисунка на университетската църква на жълт фон. Отдясно имаше голям черен кръст с годината на събарянето – 1968.

Отдолу пишеше с големи черни букви: „Ние изискваме реконструкция.“

– Е, харесва ли ти?

– Много даже. Няма никаква политическа позиция, просто изказва измамно безобидно искане, но тъкмо това е силата му. Как успя да го направиш? Беше изключително трудоемка работа!

– Това е тайна, както и името на художника. И нека го оставим така, окей?

– Добре, няма да питам повече. Колко души са виждали плаката до сега?

– Само четири – художника, ти и аз, и още един човек.

Аз бях леко изненадан. Защо Шефан беше включил още някого?

– И кой е четвъртият?

– Това е тайна.

Отне още много седмици, когато вече бяхме на запад преди той да ми разкрие идентичността на четвъртия човек. Шефан не бе успял да се въздържи да кара със завършения плакат до един надежден свой познат – добре познатият и донякъде обявления извън закона поет Петер Хухел, който живееше недалеч от Потсдам. В неговата градина той бе разгънал плаката. Хухел, обикновено спокойният възрастен мъж, бе много щастлив и превъзбуден, когато го видя и имаше защо. Най-накрая щеше да има предизвикателство пред комунистическия режим!

Бележки

1 – В първата част на това Четиво с продължение (кн.1/2012) е допусната грешка при изписването на името на автора *Харалд Фрич*. Редакцията поднася своите извинения на читателите за направения пропуск.

2 – Книгата на Ерих Лъост „Паметник на битката на народите“, носеща името на едноименния паметник в центъра на Лайпциг (Voelkerschlachtdenkmal), създава на автора име на хроникьор на гр. Лайпциг и областта Саксония. В нея, от името на разказвач-сапъор се представя историята на битката на народите (австрийци, руснаци, прусаци) срещу Наполеон. С много сатира и хумор се прави връзка със случки от новата и най-новата история, като например, взривяването на университетската църква в Лайпциг през 1968 г. Авторът е политически затворник в ГДР от 1957 до 1964 г. През 1979 г. е изключен от съюза на писателите за протести срещу цензурата. През 1981 г. емигрира в Западна Германия, където книгата е издадена за първи път. Носител е на редица литературни награди, като Немска национална (литературна) награда за 2009 г. Почетен гражданин на Лайпциг.

Превод: **Александър Панайотов, Цветалина Байкушева**

**ИЗДАВАНЕТО НА НАСТОЯЩИЯ БРОЙ ОТ СПИСАНИЕТО ПРЕЗ 2012 Г.
Е С ФИНАНСОВАТА ПОДКРЕПА НА
ФОНД „НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ“
ПРИ МИНИСТЕРСТВОТО НА ОБРАЗОВАНИЕТО,
МЛАДЕЖТА И НАУКАТА**

Нашите автори:

Марвин Кoen – проф., Университет на Калифорния, Бъркли

Джо Херманс – проф., Университет в Лайден, Холандия

Владимир Захаров – академик РАН, професор по математика
в университета на щата Аризона

Алекс Зетл – проф., Университет на Калифорния, Бъркли

Дъглас Арнолд – президент на Обществото за индустриална и приложна
математика (SIAM)

Динко Динев – доц. д-р ИЯИЯЕ – БАН

Асен Димитров – доцент д-р, Институт за изследване на обществата
и знанието – БАН

М. Савина – Лаборатория теоретична физика „Н.Н. Боголюбов“, ОИЯИ

С. Шматов – Лаборатория теоретична физика „Н.Н. Боголюбов“, ОИЯИ

Екатерина Христова – проф. дфн, ИЯИЯЕ – БАН

Христофор Ванков – доцент, д-р, ИЯИЯЕ, БАН

В книжка 3/2012 г. на “Светът на физиката” четете:

А. Линде – Многоликата Вселена

М. Н. Монастирски – Джон фон Нойман

Р. Сагдеев – Спомени за учителя Д.А.Франк-Каменецкий

В. Пономарьов – Атомната енергия и човекът

М. Замфиоров – Нестандартните задачи в училище

Х. Фрич – Бяство от Лайпциг (част трета)

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА 2’2012

THE WORLD OF PHYSICS 2’2012

СЪДЪРЖАНИЕ

CONTENTS

НАУЧНИ НОВОСТИ
– Все по-малко стават местата, в които хиггс частицата може да се крие
– Експерименти на теватрон сочат възможни признаци за поява на хиггс бозон в предполагаемата област

НАУКАТА
– Д. Динев – За силата на „слабото” измерване. Два експеримента от 2011 г. повдигат отново фундаментални въпроси на квантовата механика
– М. Коен, А. Зетл – Физика на борнитридните нанотръби
– М. Савина, В. Шматов – Физика с допълнителни пространствени измерения
– Най-много цитираната статия за всяка от 20-те страни с най-висока цитируемост за периода от януари 2000 г. до 31 август 2010 г.
– Д. Арнолд – Ерозия на морала в науката: състоянието на научните публикации

ВСТЪПИТЕЛНИ ХАБИЛИТАЦИОННИ ЛЕКЦИИ
– Е. Христова – Структурата на адрона – какво знаем и какво не знаем

ИСТОРИЯ
– Д. Донген – Реакционери се опълчват срещу славата на Айнщайн – II част
– Хр. Ванков – 100 години от откриването на космичното лъчение I част

НАУКА И ОБЩЕСТВО
– Вл. Захаров – науката в Русия и в съвременния свят

КНИГОПИС
– К. Коленцов – Книга за радиационните дефекти в йонно-имплантирани МОП структури
– А. Димитров – Брайън Грийн – „Скритата реалност”
– М. Бушев – Достоевски във фокуса на... математиката

PERSONALIA
– К. Коленцов – Радетелят на опитната и приложна физика у нас доц. д-р Стефан Балабанов навърши 80 години

ИНТЕРЕСНО
– Джо Херманс – Физиката в ежедневието: преброяване на пламъците
– Джо Херманс – Забавления със слънчевия залез
– О. Йорданов – Интересни уеб-страници

ЧЕТИВО С ПРОДЪЛЖЕНИЕ
– Х. Фритц – бягство от Лайпциг – част II

SCIENTIFIC NOVELTIES
– There are less places where Higgs particle can hide 129
– Tevatron experiments show possible signs of Higgs boson in the presumptive area..... 131

SCIENCE
– D. Dinev – About the power of “weak” measurement. Two experiments from the year 2011 bring out again some fundamental questions of quantum mechanics..... 133
– M. Cohen, A. Zettl – The physics of boron nitride nanotubes 145
– M. Savina, V. Shmatov – Physics with additional spatial dimensions..... 156
– Most-cited paper from the top 20 countries, 2000 – August 31, 2010 country feature, January 2011 173
– D. Arnold – Moral destruction in science: the state of scientific publications 177

INTRODUCTIONAL ACADEMIC LECTURES
– E. Hristova – Hadron’s structure – what do we know and what do we not know 181

HISTORY
– Jeroen van Dongen – Reactionaries and Einstein’s Fame – Part II..... 191
– N. Vankov – 100 years since the discovery of cosmic rays – part I..... 197

SCIENCE AND SOCIETY
– Vl. Zaharov – Science in Russia and in the modern world..... 208

BIBLIOGRAPHY
– K. Kolentsov – A book on the radiation defects in ion-implanted MOS structures..... 222
– A. Dimitrov – Brian Greene – “The hidden reality” 224
– M. Bushev – Dostoevsky in the focus of ... mathematics 227

PERSONALIA
– K. Kolentsov – The champion of experimental and applied physics in Bulgaria Assoc. Prof. Stefan Balabanov, PhD turned 80 years..... 230

INTERESTING
– Jo Hermans – Physics in everyday life: counting the flames 232
– Jo Hermans – Fun with the sunset 233
– O. Yordanov – Interesting web-pages 234

SERIAL
– H. Fritzsch – Escape From Leipzig – part II..... 236

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

том XXXV, кн. 2, 2012 г.

Издание на Съюза на физиците в България

http://old.inrne.bas.bg/wop/wop_2_2012/

(със спомоществователството на Българска академия на науките)

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ		EDITORIAL STAFF
ГЛАВЕН РЕДАКТОР		EDITOR-IN-CHIEF
Нъшан Ахабабян	<ahabab@inrne.bas.bg>	Nashan Ahababjan
ЗАМЕСТНИК ГЛАВЕН РЕДАКТОР		VICE EDITOR-IN-CHIEF
Михаил Бушев	<m_bushev@abv.bg>	Michael Bushev
Олег Йорданов	<oleg.yordanov@gmail.com>	Oleg Yordanov
ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР		EXECUTIVE SECRETARY
Милен Замфиров	<worldofphysics@abv.bg>	Milen Zamfirov
ЧЛЕНОВЕ		MEMBERS
Валери Голев	<valgol@phys.uni-sofia.bg>	Valeri Golev
Георги Граховски	<grah@inrne.bas.bg>	Georgi Grahovski
Людмил Вацкичев	<Lyuvats@phys.uni-sofia.bg>	Liudmil Vatzkitchev
Никола Балабанов	<balaban@uni-plovdiv.bg>	Nicola Balabanov
Светослав Рашев	<rashev@issp.bas.bg>	Svetoslav Rashev
Ганка Камишева	<gkamish@issp.bas.bg>	Ganka Kamisheva
ТЕХНИЧЕСКИ СЕКРЕТАР		TECHNICAL SECRETARY
Снежана Йорданова	<upb@phys.uni-sofia.bg>	Snejana Iordanova
ВОДЕЩ БРОЯ: Милен Замфиров		

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:	EDITORIAL OFFICE ADDRESS:
1164 София,	5, James Bouchier Blvd,
Бул. Джеймс Баучер № 5	1164 Sofia
862 76 60	
e-mail: worldofphysics@abv.bg	

ПРЕДПЕЧАТНА ПОДГОТОВКА: Д. Денчева
Дадена за печат на 16 май 2012 г.
ПЕЧАТНИЦА „ГИТАВА” — СПОНСОР НА „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА”
бул. Цариградско шосе 72
ISSN: 0861–4210