

НОБЕЛОВИТЕ НАГРАДИ ЗА 2001 г.

Кралската Шведска Академия на Науките присъди:

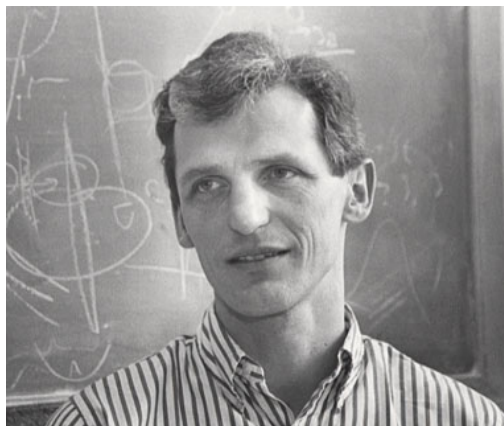
Нобеловите награди за:

Физика (на 9 октомври 2001 г.): “за осъществяване на Бозе-Айнщайново кондензиране в разреждени газове от алкални атоми и за начални фундаментални изследвания на свойствата на кондензатите” на:

Ерик А. Корнел - САЩ (р. 1961 г. в Пало Алто, Калифорния), JILA and National Institute of Standards and Technology, Boulder, Colorado,

Волфганг Кетерле - Германия (р. 1957 г. в Хайдълберг), Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA, и

Карл Е. Вийман - САЩ (р. 1951 г. в Корвалис, Орегон), JILA and University of Colorado, Boulder, Colorado;



Ерик Корнел Волфганг Кетерле Карл Вийман

Химия (10.10): на **Уилям Ноулс**, САЩ, и **Риожи Ноиори**, Япония, “за работата им над реакции на хирално катализирано хидрогениране” и **К. Бари Шарплес**, САЩ, “за работата му над реакции на хирално катализирано окисляване”;

Литература (11.10): на родения в Тринидад английски писател **Сър Видиадхар Суражпразад Найпол** “за това, че е обединил чувствително повествование с неподкупно критическо изследване в работи, които ни заставят да се убедим в реалността на подтискащи истории”.

Кралската Шведска Академия на Науките присъди Наградата на “Бенк оф Суидън” в памет на Алфред Нобел за

Икономически науки (11.10) на: Джордж Акерлоф, А. Майкъл Спенс и Джоузеф Стиглиц, САЩ, “за техните анализи на пазари с асиметрична информация”.

Нобеловото събрание при Каролинския институт присъди Нобеловата награда за

Физиология или медицина (8.10): на Леланд Хартуел, САЩ, Р. Тимоти Хънт и Пол Нъс, Великобритания, за откритите от тях “ключови регулатори на клетъчния цикъл”.

Норвежкият Нобелов комитет присъди Нобеловата награда за

Мир (12.10): по равно на ООН и на нейния генерален секретар **Кофи Анан** “за работата им за един по-добре организиран и по-мирен свят”.

Превод (по материали от Internet): И. Русев

ЯДРЕНАТА ОЙКУМЕНА В КРАЯ НА ХХ-то СТОЛЕТИЕ

II. ПОСТИЖЕНИЯТА В СИНТЕЗА НА ЛЕКИТЕ ЯДРА

Никола Балабанов, проф., Пловдивски университет

Както показахме в предишната статия (*Св. на физиката*, кн. 3'01, с. 210), настъпление за завоюване на нови територии, за търсене на нови ядрени разновидности, се води по целия фронт на протонно-неутронната карта. Целта на тези действия е приближаването до границите на ядрената стабилност, която разделя ядрата на “свързани” или “съществуващи” и “несвързани” (“несъществуващи”). Особен интерес представляват свойствата на “пограничните” ядра. Тъй като понастоящем границите на стабилността не са точно известни, не е изключено в тези райони да ни очакват изненади, които могат да изменят представите за ядрения свят.

В това отношение е засилен интересът към изучаването на свойствата на елементите и изотопите в двата края на периодичната система. Там предизвикателствата са най-големи. При леките ядра се постигат най-резки отклонения от “равновесните” стойности на отношението между броя на неутроните и протоните (при тях $N/Z \approx 1$), което дава възможност по-детайлно да се изучава влиянието на нуклеонния състав върху ядрената стабилност. На другия фланг - в областта на свръхтежките елементи - е потвърдено вече съществуването на “острови на стабилност”, което предвещава срещи с отдавна търсените ядра - “дълголетници”.

В тази статия ще бъдат разгледани постиженията в синтезирането на най-леките ядра и някои от изучените техни свойства. Те са интересни с това, че притежават рязко индивидуален характер, докато свойствата на средните и тежки ядра се изменят сравнително плавно. В интересувашата ни област две съседни ядра - изотопи или изобари - могат да имат съвършено различни свойства. Пейзажът на ядрената повърхност тук е много по-разнообразен и релефен.

Нека разгледаме по-подробно постиженията при синтеза на най-леките ядра ($Z = 0, 1, 2$).

НЕУТРОННИ ЯДРА ($Z = 0$)

От многобройните изследвания на ядрените взаимодействия е известно, че силите, които действат между два неутрона, не са достатъчни за образуване на свързана система. Това обаче не означава, че в природата не може да съществуват устойчиви системи, съдържащи по-голям брой неутрони. В това отношение ние имаме обнадеждаващ пример със съществуването на макроскопични капки от течен хелий, въпреки че атомите на хелия не могат да образуват двуатомна молекула.

Защо да не разчитаме на подобна природна щедрост? Според някои теоретични модели в областта на ядра с много голям брой неутрони може да се очаква съществуването на относително стабилни системи - т.н. “неутронни капки”. За техните свойства сега е трудно да се каже нещо определено. Те безспорно ще се различават съществено от

познатите ни ядрени системи, което би обогатило представите ни за тази материя. Неутронните ядра (в какъвто и вид да съществуват) не са деформирани от кулоновите полета на протоните и взаимодействията в тях биха се изследвали в най-чисти условия.

Досега е изследвана стабилността на системи с два неутрона - динеутрон ($2n$), три неутрона ($3n$) и тетранеутрон ($4n$). Всички те са нестабилни. Констатирано е само квазистационарно състояние ($\sim 10^{-22}$ s) на динеутронната система. Много е любопитен фактът, че динеутронът е почти стабилен - той има много малка отрицателна енергия на свързване - около 70 keV.

Голям брой експериментални изследвания, засега безуспешни, са проведени за търсене на тетранеутрон. Въпреки отрицателните резултати, интересът към търсенето на мултинеутронни системи продължава да е голям. В някои теоретични работи се прогнозира съществуването на стабилно магическо неутронно ядро, съставено от осем неутрона. Ако се докаже съществуването на такива ядра, това би предизвикало качествено изменение на нашите представи за ядрата, което ще окаже влияние и на други научни области, например на астрофизиката.

ИЗОТОПИ НА ВОДОРОДА ($Z = 1$)

Известно е, че в природата съществуват два стабилни изотопа на този елемент: протий, ^1H и деутерий ^2H (0,015 %). Условно към тях може да причислим и бета-радиоактивният тритий, ^3H , с период на полуразпадане $T_{1/2} = 12,3$ години. Изотопите на водорода са най-простите и добре изучени системи от силно взаимодействащи частици.

В огромния брой експерименти не е открит нито един нуклеоностабилен изотоп на водорода с масово число $A \geq 4$. Получени са квазистационарни състояния на системи, съдържащи протон и 3 до 5 неутрона (^4H , ^5H , ^6H). Особен интерес предизвиква откриването на квазистационарното състояние ^6H , тъй като то представлява ядрена система с огромно съотношение между броя на неутроните и протоните - $N/Z = 5$! Друг изключително важен резултат е, че “водород-6” се оказва по-стабилна система от ядрото ^4H . Този факт позволява с по-голям оптимизъм да се гледа на проблема за съществуването на свръхтежки изотопи. За да се потвърди наблюдаваната тенденция - повишаване стабилността на водородните изотопи с увеличаване броя на неутроните, е необходимо да се придвижим по-нататък и да бъдат измерени масите (енергиите на свързване) на ядрата ^7H и ^8H . Понастоящем се провеждат такива експерименти.

ИЗОТОПИ НА ХЕЛИЯ ($Z = 2$)

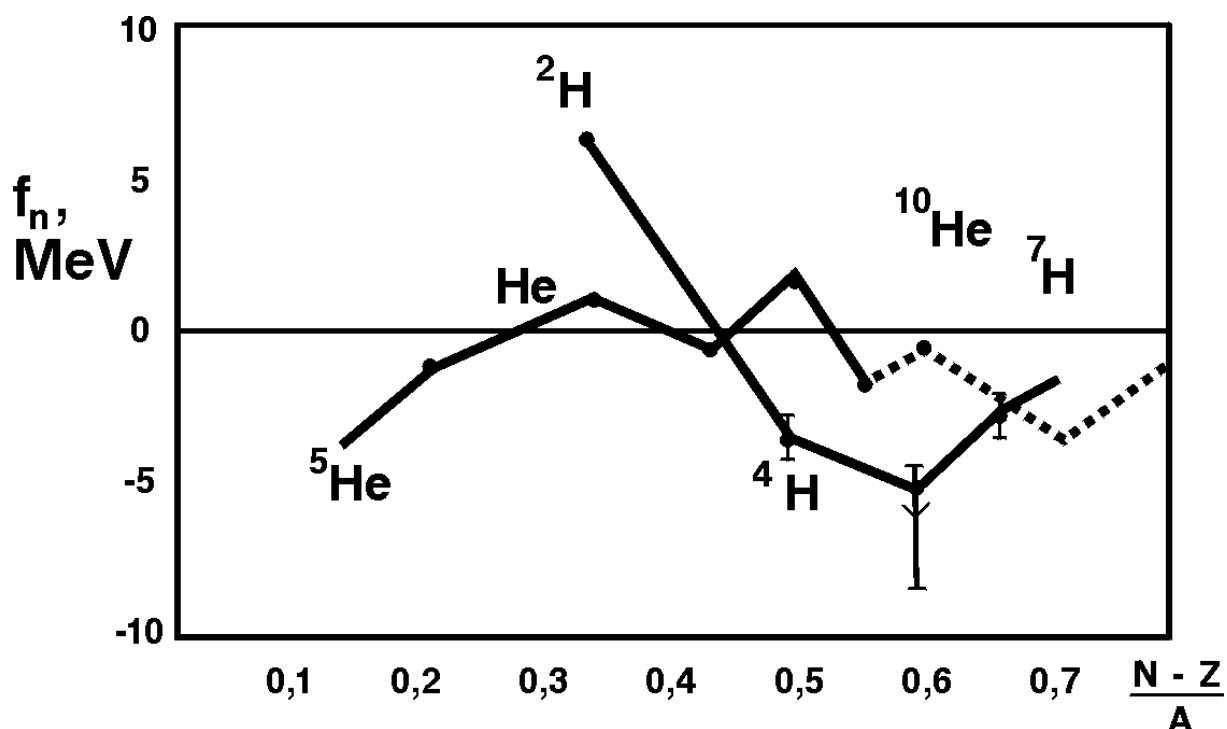
Изследванията на хелиевите изотопи, съдържащи в състава си два протона и няколко неутрона, носят допълнителна полезна информация за ядрените сили. Именно при тях бяха открити редица интересни закономерности, потвърдени по-късно от изследвания на съседните елементи.

Експериментите по синтезирането на тежки хелиеви изотопи ($A = 5 \div 10$) показаха, че ядрата с четен брой неутрони са стабилни по отношение на нуклеонно разпадане, а с нечетно N (респ. A) - нестабилни. За разлика от другите ядра в изотопите на хелия нарастването на броя на неутроните не предизвиква намаляване, а обратно - увеличаване на тяхната стабилност. Например енергията на свързване на ядрото ^8He е с 1,5 MeV по-голяма от енергията на свързване на ^6He . Този резултат беше наречен

“хелиева аномалия”. (Аномалии в природата няма; така наричаме обикновено непривичните неща и явления).

Същата ситуация се наблюдава и при “несвързаните” изотопи на хелия - ^5He и ^7He (по-горе посочихме, че “аномално” се държи и двойката ^4H , ^6H). Това откритие дава основание да се предположи, че в областта на най-леките ядра могат да съществуват райони с повишена стабилност за ядра, притежаващи голям “излишък” от неутрони. В това отношение изключителен интерес представлява търсенето на ядро ^{10}He ($N/Z = 5!$). За системата ^{10}He е открито квазистационарно състояние, което свидетелства, че ѝ липсва “само” 1 MeV енергия, за да бъде свързана.

Посочените факти и изказаните съображения са илюстрирани на Фиг. 1. На нея са показани зависимостите на енергията на свързване на неутроните в ядрата на водорода и хелия, като функция от неутронния “излишък”, $(N - Z)/A$. С пунктир са показани теоретичните пресмятания.



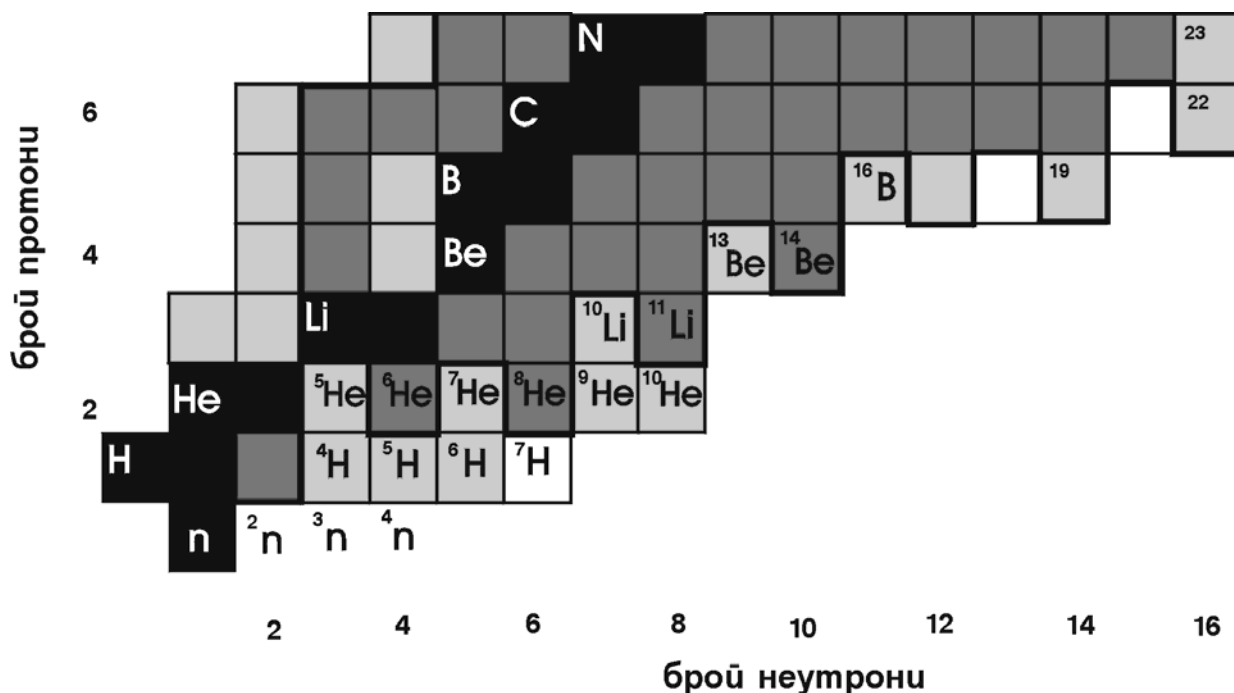
Фиг. 1

По-пълна представа за постиженията в синтеза на леки ядра зад границите на бета-стабилността дава неутронно-протонната диаграма на Фиг. 2. Смята се, че в показаната област (до $Z = 7$) са получени последните възможни ядра до предсказаната граница и са синтезирани няколко системи в квазистационарно състояние. На диаграмата стабилните ядра са изобразени с изцяло почернени квадратчета, бета-радиоактивните - със силно замрежени, а ядрата в квазистационарно състояние - със слаботамрежени квадратчета.

За кислорода, който има 8 протона в ядрото си, е предсказано, че с голяма вероятност съществуват стабилни или квазистационарни състояния на изотопите ^{26}O и ^{28}O .

Особено интересна е системата ^{28}O , която има магически брой неутрони и протони ($N = 20$, $Z = 8$).

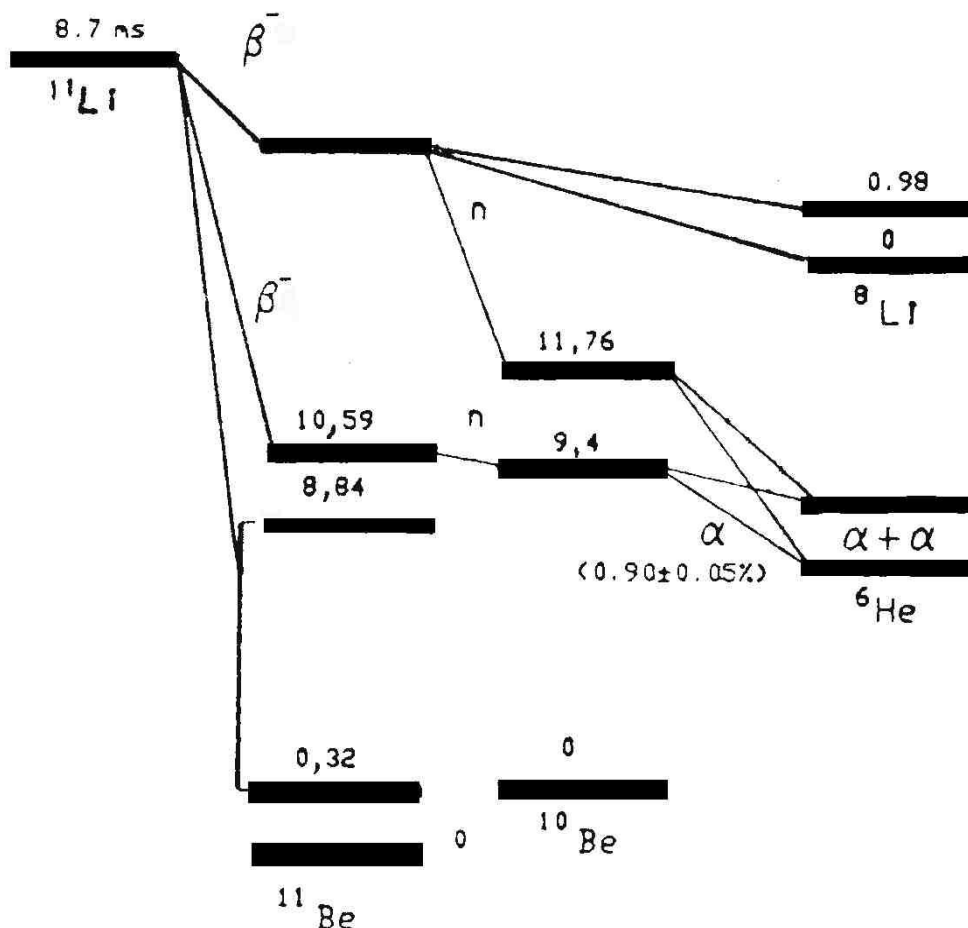
Масираните опити, проведени през 80-те години, за синтезирането на ^{26}O (GANIL-Франция, Мичигански университет - САЩ и ОИЯИ - Русия) показаха, че такъв изотоп не съществува. Този резултат не означава автоматично, че не е възможно съществуване на по-тежък изотоп ^{28}O . Двата магически слоя на тази система могат да повишат нейната стабилност в сравнение със съседните ядра.



процеси е значително увеличено, тъй като то е пропорционално на радиуса на ядрата. Може да се каже, че ядрата ^8He , ^{11}Li и др. имат рехави структура и при взаимодействие с други ядра лесно отдават свои неутрони от ронливата си повърхност. Вероятността за залавяне на слабо свързани неутрони от периферията на посочените ядра е значително по-голяма. Именно при измерване сеченията на взаимодействие на леките ядра е установено и потвърдено съществуването на хало от слабо свързани неутрони.

Тези резултати откриват нови възможности за получаване на екзотични ядра в областта на леките елементи. Използвайки снопове от ядра на ^{11}Li , японските физици успяха да получат информация за стабилността на ^{10}He . Сега се провеждат аналогични опити за получаване и изучаване свойствата на по-тежки изотопи, като ^7H , ^8H , ^{12}He и др.

Подобно явление е наблюдавано и при силно неутронодефицитни ядра, които притежават малка енергия на свързване на протоните ($f_p \approx 0$). В такива ядра може да възникне протонно хало, аналогично на неутронното. Действително, при изследване на еластичното разсейване на неутронодефицитното ядро ^8B ($Z = 5$, $N = 3$) е установено, че радиусът на разпределение на протоните е по-голям от този на неутроните. Това е указание за съществуване на протонно хало.



Фиг. 3.

Изучаването на леките ядра спомогна и за откриването на нови, неизвестни по-рано видове радиоактивни разпадания. При тях бяха наблюдавани редица двустадийни или

т.нар. “закъсняващи” радиоактивности - след предварително бета-разпадане (първи стадий), новополученото ядро може да изпусне един или два протона, един, два или три нейтрона, ядра на трития или да претърпи делене (“закъсняващо делене”). Като илюстрация на Фиг. 3 е показан радиоактивният фойерверк, характерен за добре познатото ни вече ядро ^{11}Li .

Изследванията на подобни разпадни процеси при някои силно неутронообогатени ядра, напр. ^{17}B ($Z = 5$, $N = 12$) показаха, че с относително голяма вероятност протича емисия на 2, 3 и 4 нейтрона. С това възниква много интересна и важна задача - установяване на корелация между изпусканияте нейтрони и по-специално - възможностите за изпускане на неутронни системи, състоящи се от четири нейтрона (тетранеутрон).

Един от най-ефикасните подходи за получаване на екзотични леки ядра е реакцията с фрагментация. В тези реакции, които протичат при енергия на бомбардиращото ядро над 30 MeV/нуклеон, мишените се разбиват на множество леки ядрени системи в широк диапазон на масите, електричните заряди и енергията. Времето на живот на фрагментите е $\sim 10^{-20} \div 10^{-21}$ секунди.

В реакциите с фрагментация могат да се образуват сравнително големи количества ядра, силно обогатени с нейтрони, а също и с голям неутронен дефицит. Добивът на тези реакции силно зависи от съотношението N/Z в бомбардиращото ядро. В този смисъл много подходящ снаряд се оказва изотопът на калция ^{48}Ca . Това е двойно магическо ядро ($Z = 20$, $N = 28$) и е най-богатият на нейтрони изотоп, срещащ се в природата. Йони на ^{48}Ca с успех се използват за получаване на супернеутронообогатени ядра в областта $4 < Z < 20$. В тези реакции са синтезирани няколко десетки изотопа, разположени до самата граница на ядрената стабилност: бор-18, въглерод-22, азот-23, кислород-24 и др. В реакциите с фрагментация успешно се използва като снаряд и изотопът на сярата ^{36}S ($N = 20$).

Както се вижда специалистите по ядрена физика, въоръжени с ускорителна техника, откриха обширен свят от “изотопи - призрци” около границите на стабилността. Установено е също, че ядрата на един и същи елемент, с “излишък” или “недостиг” на нейтрони или протони, съвсем не си приличат - изменят се техните размери, структура, свойства. В новите области бяха открити нови видове радиоактивности, нови ядрени форми и т.н.

Използвайки различни подходи, физиката организира масирано настъпление към границите на ядрената стабилност, които са грубо очертани от сегашните ядрени модели. Това ще даде възможност да се получи качествено нова информация за свойствата на ядрената материя. Предвиждайки се към все по-тежките елементи, експериментаторите и теоретичите в ядрената физика още дълго време няма да останат без работа.

СЪВРЕМЕННИ ЕКСПЕРИМЕНТИ С ДВОЙКА СВЪРЗАНИ ФОТОНИ И “КОЛАПС НА ВЪЛНОВАТА ФУНКЦИЯ”

Емил Вапиров, Физически факултет, СУ

*“Всеки физик мисли, че
знае какво е това
фотон. Аз прекарах
целия си живот да
разбера какво е това
фотон, и досега не съм
разбрал.”*

А. Айнщайн

В бр. 3 от 2000 г. бяха описани реализации на мисления експеримент на Айнщайн, Подолски и Розен (ЕПР) през 1981-1982 гг. от група изследователи, водени от А. Аспе [1, 2]. Основният резултат е, че измерването на поляризацията на единия от двойка фотони, излъчени от един атом и корелирани по поляризация, влияе на резултатите от измерването на втория фотон. Изводът е, че квантовомеханичното описание на двата фотона с една вълнова функция е верният подход и не може да се говори за две независими вероятности.

Вторият експеримент на А. Аспе е много впечатляващ: условията на измерване се изменят по време на полета на фотоните, и ако има някаква причинна връзка между тях, то скоростта на предаване на информация би трябвало да е значително по-голяма от скоростта на светлината. Квантовата механика “работи” и няма забрани да се зададе въпроса “как става това”.

В една своя лекция, публикувана в [3], Р. Файнман казва за последствията от тези експерименти за разбирането на квантовата механика:

“Ние винаги сме имали много затруднения в разбирането на описанието на света, представян от квантовата механика. Поне аз имам, защото съм достатъчно стар и не съм достигнал до състоянието тази материя да е очевидна за мен. Да, аз все още се чувствам неспокоен с нея ... Вие знаете как е, за всяка нова идея са нужни едно или две поколения, докато стане очевидно, че няма проблем. Все още не е станало очевидно за мен, че няма истински проблем. Не мога да определя истинския проблем, поради което подозирам, че няма истински проблем, но аз не съм сигурен дали наистина няма проблем.”

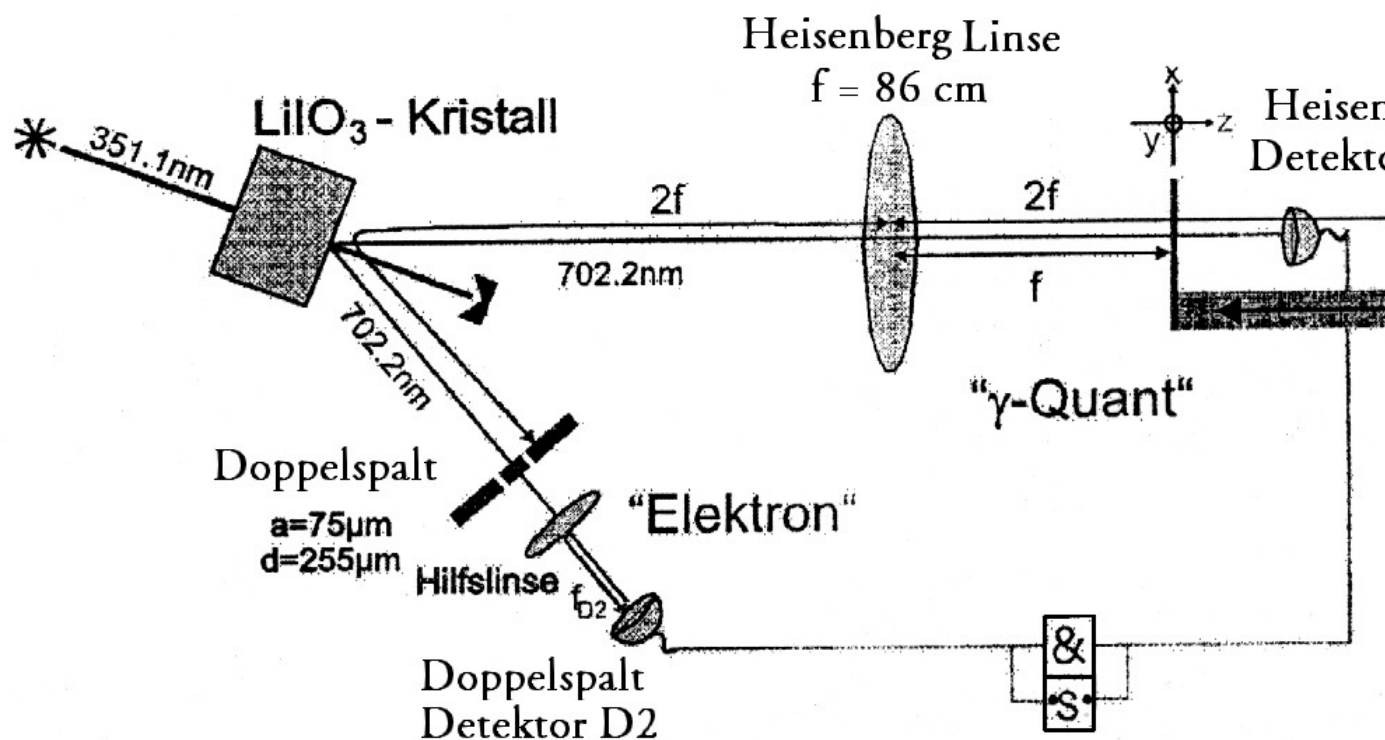
По късно, в края на 90-те години, няколко изследователи предложиха нов интензивен източник на двойка корелирани фотони с общ произход за реализация на съвременните версии на мисления експеримент на ЕПР. Предложението е да се използва явлението спонтанно параметрично разсейване или спонтанно параметрично намаляване на честотата (parametric down conversion). При попадане на фотон в нелинеен кристал с определена вероятност се излъчват два фотона, като сумата от енергиите е равна на

енергията на първичния фотон. Двата фотона в зависимост от кристала и разсейването са с паралелни или перпендикулярни поляризации.

Първата публикация с предложение явленияето спонтанно параметрично разсейване (СПР) да се използва за експерименти подобни на тези на А. Аспе е направено от Клишко [4]. Още тогава, “с върха на перото”, Клишко предсказва поведението на двойката корелирани фотони и въвежда един прост за запомняне подход за предсказване на резултатите от експерименти. Сега този подход се нарича “схемата на Клишко”.

След 1995 г. една група австрийски физици с ръководител Антон Цайлингер, занимаващи се с лазерна физика, започна публикуването на серия от експерименти основани на явлението СПР. Експериментите са един от друг по-впечатляващи. Ще опиша накратко два експеримента: докторските дисертации на Биргит Допфер от 1998 г. и на Грегор Вайтс от 1997 г. [6, 7].

Схемата на експеримента на Б. Допфер е показана на Фиг. 1. Ултравиолетови фотони с дължина на вълната 351,1 nm, излъчвани от лазер на Ar^+ , попада в нелинеен кристал $LiIO_3$ с дебелина около 1 mm. Основното количество фотони преминава през кристала и попада в уловка; около 1 фотон на 10 000 се “разцепва” на два фотона. При ъглите, които са подбрани за максимална интензивност на двойката фотони и при равенство на двата ъгъла спрямо първоначалната посока, се подбират двойки фотони с дължина на вълната 702,2 nm. Регистрацията се извършва чрез точкови лавинни диоди и импулсите се подават на схема за съвпадение.



Фиг. 1. Схема на експеримента на Б. Допфер. Фотоните от ултравиолетовия лазер с дължина на вълната 351 nm попадат върху нелинеен кристал. В малка част от случаите се раждат двойка корелирани по поляризация фотони с дължина на вълната 702,2 nm. Фотоните от единия лъч попадат върху преграда с два процепа (Doppelsplatt), фотоните от другия лъч попадат върху една леща (Heisenberg linse). Регистрацията на фотоните се извършва от точкови лавинни диоди и импулсите се подават на схема на съвпадение. Детектор D2 сканира интензитета на светлината зад двата процепа чрез движение по права, перпендикулярна на разпространението на лъча в плоскостта на чертежа. Детектор D1 може да бъде фиксиран на две места: във фокуса или в два пъти фокусното разстояние на лещата. Сумата от разстоянието от лещата до кристала и от кристала до двата процепа е $2f$. Според първоначалната идея фотоните от долния лъч играят ролята на “електрони” от мисления експеримент на Хайзенберг за определяне на координата или импулс на електрони. Фотоните от горния лъч дават информация за мястото или импулса на “електроните”, от които са се разсеяли, поради което “Хайзенберговата леща” наблюдава двата процепа.

В направлението на единия лъч (на схемата - долния лъч) е поставена една пластина с два процепа за наблюдаване на интерференчна картина. В направлението на втория лъч е поставена леща, така че сумата от разстоянията от лещата до кристала и от кристала до двойния процеп е двойното фокусно разстояние, $2f$, или лещата “гледа” двата процепа, ако кристалът се приеме за огледало. Идеята на експеримента идва от мисления експеримент с микроскопа на Хайзенберг, за който по-подробно ще стане дума. Детекторът на фотони от горния лъч (D1) може да бъде поставен на две места: във фокусното или два пъти фокусното разстояние зад “Хайзенберговата” леща. Детекторът зад двата процепа на долния лъч (D2) регистрира фотони, които се концентрират от една помощна леща. Помощната леща не е от значение за експеримента.

Резултатите от експеримента – съвпадения на събития – са следните:

1. Детектор D1 е неподвижен във фокусното разстояние след “Хайзенберговата” леща; детектор D2 чрез придвижване по линия, перпендикулярна на посоката на разпространение на лъча, регистрира интерференционни минимума и максимуми зад двата процепа;
2. Детектор D1 е неподвижен в два пъти фокусното разстояние след “Хайзенберговата” леща; детектор D2 чрез придвижване по линия, перпендикулярна на посоката на разпространение на лъча, НЕ регистрира интерференционни минимума и максимуми зад двата процепа. Резултатът е един широк максимум, сума от интензитети.
3. Детектор D2 е неподвижен; детектор D1, на едно фокусно разстояние след “Хайзенберговата” леща чрез придвижване по линия, перпендикулярна на посоката на разпространение на лъча, регистрира интерференционни минимума и максимуми, въпреки че пред детектора липсва двоен процеп.
4. Детектор D2 е неподвижен; детектор D1, на две фокусни разстояния след “Хайзенберговата” леща чрез придвижване по линия, перпендикулярна на посоката на разпространение на лъча, регистрира два пика.

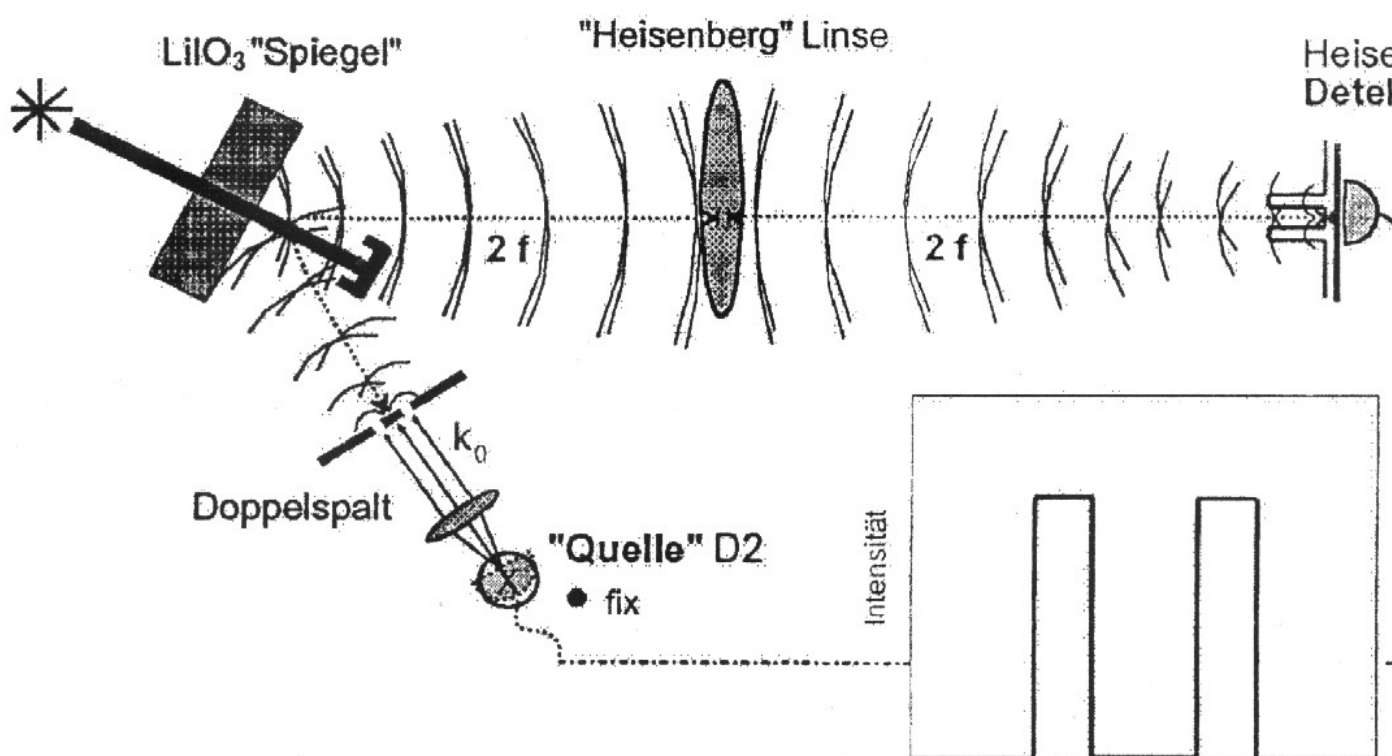
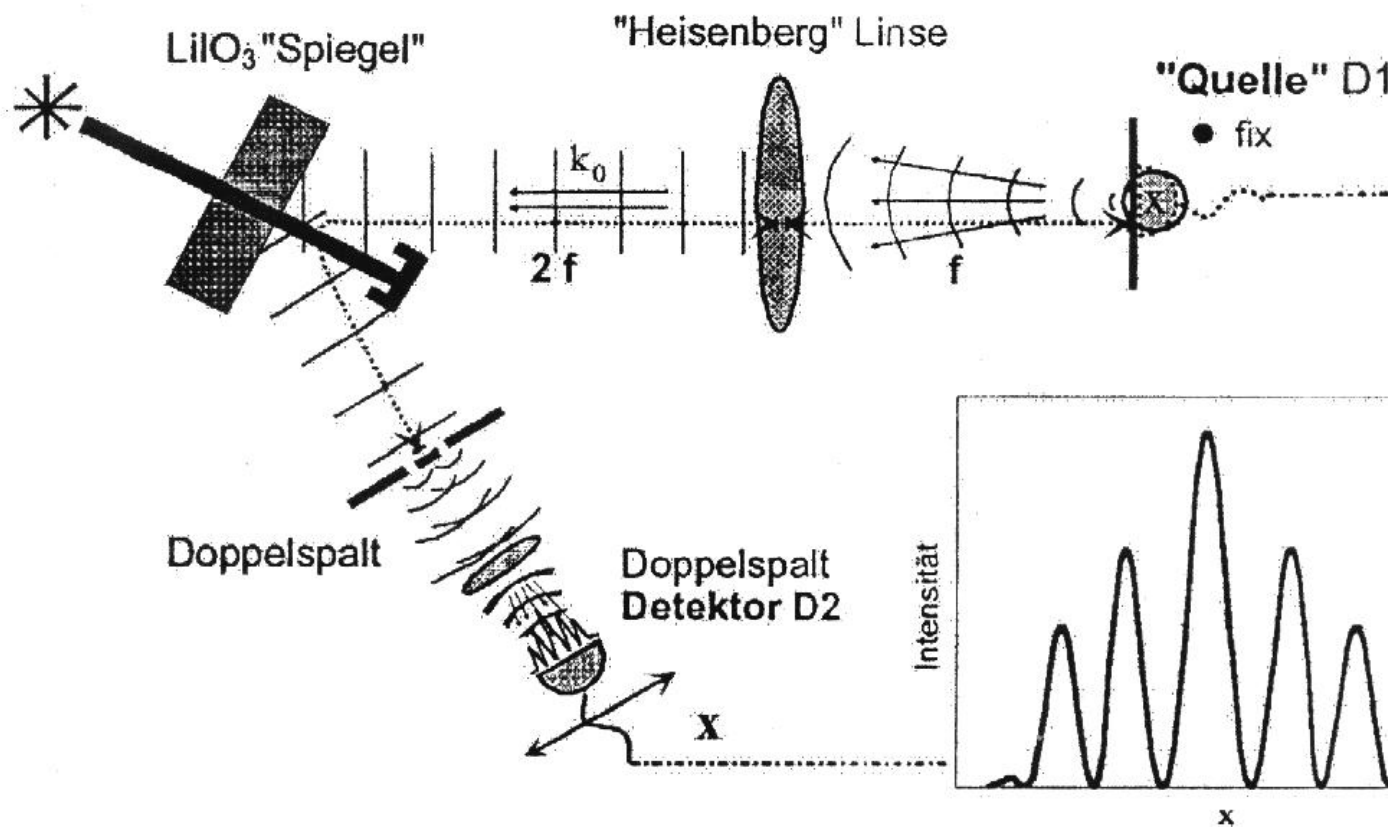
Резултатите наистина са впечатляващи. Какво свързва двата фотона освен миналото? За експериментите на А. Аспе може да се мисли, че двата фотона образуват една макросистема. За тези експерименти може всъщност да се твърди, че двата фотона и кристалът образуват една обща система. Ако има “общуване” между двата фотона, то те общуват чрез кристала, чрез своето минало. Втората възможност е силна корелация по ъгъл между двата фотона и отбор на събития.

Основание за това твърдение са т.н. “картини на Клишко” за предсказване на резултатите от експерименти от типа, описан по-горе. На Фиг. 2а и 2б са показани картините на Клишко за два от случаите: например за наблюдение на интерференционна картина от детектор D1 (случай 1) и наблюдение на два максимума от детектор D2 (случай 4). Идеята, която Клишко извлича от своите уравнения, е следната:

- Ако искаме да предскажем какво ще се наблюдава от детектор D2, формално се приема, че източник на светлина е детектор 1; светлината се “отразява” от кристала и полученият образ на мястото на детектор 2 е очакваният интензитет;

- За картината, получавана от детектор 1, се приема обратното: източник на светлина е детектор 2, светлината се “отразява” от кристала и полученият образ на мястото на детектор 1 е очакваният интензитет;

Идеята за експеримента първоначално е била да се наблюдават двата процеп чрез “лещата на Хайзенберг”. На Фиг. 3. е показана схема на опита за проследяване през кой процеп минава електрон чрез фотон, който се разсейва от минаващите през процеп електрони. Във фокуса на лещата от разсеяни фотони се получава информация за напречния импулс на електрона, но се губи информация от кой процеп е минал. На разстояние $2f$ се измерва процепът (мястото), откъдето е минал електронът, но се губи информацията за импулса. Единият фотон от двойката играе ролята на електрон и се регистрира от детектор D2; другият фотон “се разсейва” от електрона и се регистрира от детектор D1. Това е причината за разстоянието $2f$ между двата процепи и лещата на Хайзенберг през кристала – “огледалото”.



Фиг. 2а., 2б. Фигури на Клишко за случаи 1(а) и 4(б). Кристалът формално се приема за огледало ("Spiegel") ["Quelle" – източник] (Б. Допфер).

Формалното разбиране на резултатите от експериментите на Б. Допфер според А. Цайлингер е следното:

За случай 1: Детектор D1 във фокусното разстояние след “Хайзенберговата” леща дава информация за импулса на фотон 2 (“електрона”), но изтрива информацията за направлението на фотон 2 или през кой от двата процепа е минал “електрона”, поради което детектор D2 чрез придвижване по линия, перпендикулярна на посоката на разпространение на лъча, регистрира интерференционни минимуми и максимуми зад двата процепа;

За случай 2: Детектор D1 в два пъти фокусното разстояние след “Хайзенберговата” леща дава информация за място или през кой процеп е минал “електронът”, поради което детектор D2 чрез придвижване по линия, перпендикулярна на посоката на разпространение на лъча, НЕ регистрира интерференционни минимуми и максимуми зад двата процепа.

За тези два случая, когато се губи или “изтрива” информацията за място или за направление (импулс), дори е въведен терминът “квантова гума” (quantum eraser).

За случай 3: Детектор D2 е неподвижен и зад двата процепа се унищожава информацията за това през кой процеп е минал “електронът” и по симетрия детекторът D1 на едно фокусно разстояние след “Хайзенберговата” леща чрез придвижване по линия, перпендикулярна на посоката на разпространение на лъча, регистрира интерференционни минимуми и максимуми, въпреки че пред детектора липсва двоен процеп.

За случай 4: Детектор D2 е неподвижен и зад двата процепа се унищожава информацията за това през кой процеп е минал “електронът” и по симетрия детекторът D1 на две фокусни разстояния след “Хайзенберговата” леща чрез придвижване по линия, перпендикулярна на посоката на разпространение на лъча, регистрира два триъгълни пика – образите на двата процепа.

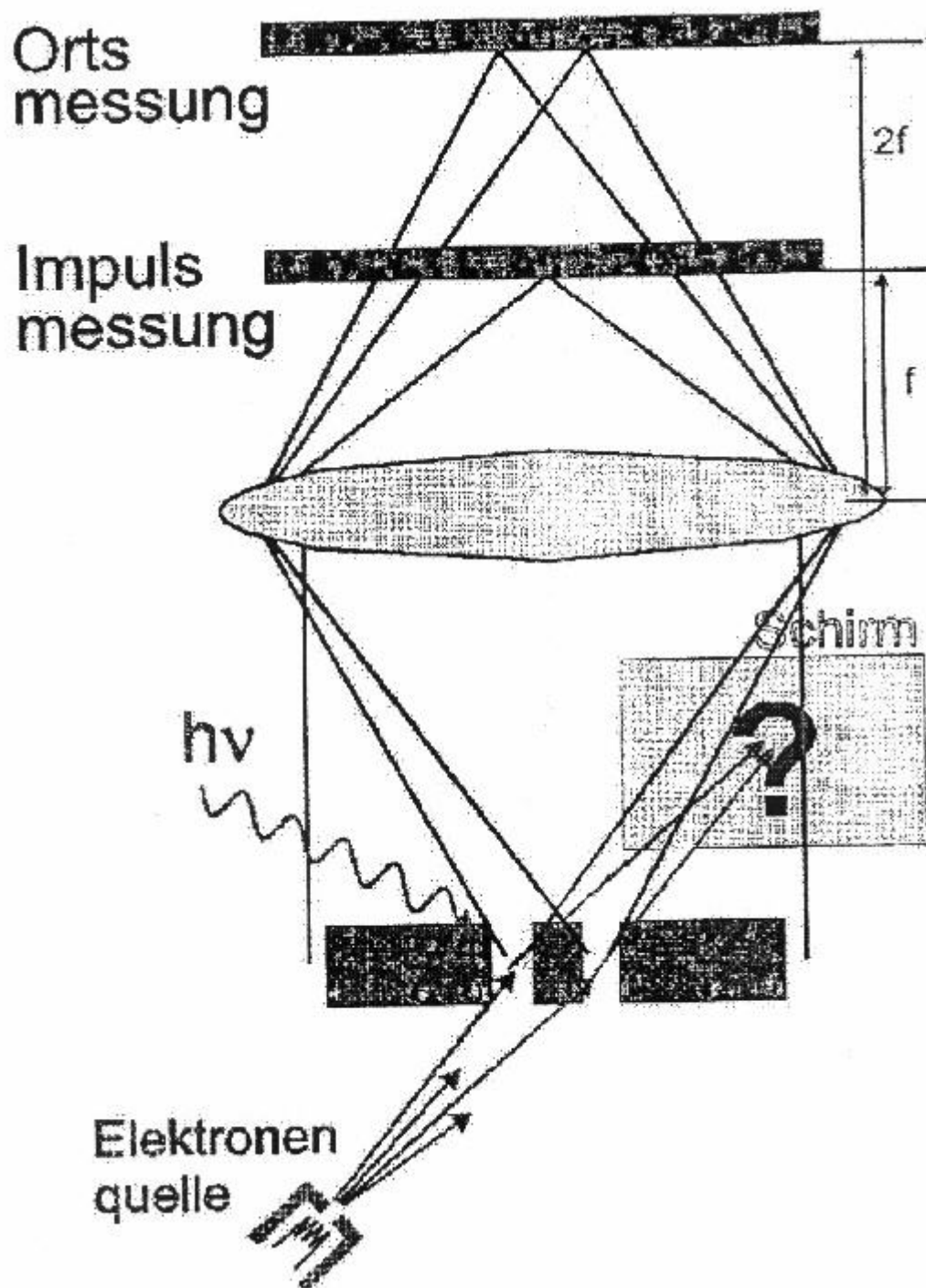
Ако случаи 1 и 2 са трудни за разбиране с т.нар. “здрав разум”, трудността за разбирането на случаи 3 и 4 се повдига на квадрат. Въпреки обяснението, все пак как става това?

В статията на А. Цайлингер за същия експеримент има още едно много силно твърдение: *ако се работи без съвпадения, ако не ни интересува какво става с горния лъч*, а само с детектор D2 се сканира интензитетът на светлината зад двата процепа, *няма да има наблюдение на интерференция по долния лъч*. Обяснението е, че дори и да не регистрираме фотона от първия (горния) лъч, остава ни потенциалната възможност да възстановим с втори детектор през кой процеп е минал фотон. Същата ситуация съществува и при два разлитачи се на 180° фотона, където всеки носи информация за посоката на другия. Според А. Цайлингер няма да има интерференция, ако поставим на пътя на единия фотон два процепа, защото от посоката на втория фотон имаме принципната възможност да узнаем през кой процеп е минал фотонът. Дори ако няма втори фотон, а само има откат на излъчващата система, пак според автора няма да има интерференция.

Подобен експеримент е проведен от Д. В. Стрекалов и сътрудници през 1995 г., където без съвпадения зад двойния процеп не се наблюдава интерференчна картина, което е обяснено от авторите с разходимия падащ лъч, който замазва картината [8]. Със съвпадения резултатите са подобни на Допфер. В статията появата на “призрачна” интерференция в лъча, където няма двоен процеп, се обяснява със силната корелация по ъгъл между двойката фотони и отбирането чрез съвпадения на събития. Такова обяснение премахва мистичната връзка чрез миналото.

Съвсем накратко за експеримента на Г. Вайтс [6]. Експериментът е пълно повторение на втория експеримент на А. Аспе (виж бр. 3/2000 на “Светът на физиката”) с малки, но съществени разлики:

- Вместо източник на корелирани по поляризация каскадни фотони се използва източник, основан на явлението СПР (както в експеримента на Б. Допфер);
- Двата корелирани фотона се фокусират с телескопни системи и се вкарват в два световода. Общата дължина на световодите е 1000 m или 2 x 500 m;
- Двете детекторни системи са на разстояние по права линия на около 400 m, а по световодите са на разстояние 1000 m. Деполяризацията по световодите е незначителна - около 1 %;
- Измерват се съвпадения между събития като функция на ъгъла между двата анализатора на изхода на двата световода. Ъглите между двата анализатора се изменят много бързо по случаен начин чрез един физически генератор на случайни числа.



Фиг. 3. Микроскоп на Хайзенберг за измерване през кой процеп минава електрон. С фотон, който се разсейва от електрона, се измерва или мястото (**Orts messung**) в два пъти фокусното разстояние или посоката (**Impuls messung**) във фокуса на лещата (Б. Допфер).

Оказва се, че както в експериментите на А. Аспе, неравенствата на Бел [виж напр. 7] се нарушават и двата фотона се държат като една квантова система. Ако има взаимодействие между двата фотона при “колапса на вълновата функция”, то оценената скорост на разпространение е повече от 10 пъти скоростта на светлината. Оценката се основава на времето на разпространение, времето за въртене на поляризацията и регистрацията на двата фотона.

На основата на предаване на фотони по световоди по-късно бяха направени експерименти по предаване на състояние на един атом на друг чрез втория фотон, без да има физическа връзка между двата края на оптическия кабел, освен чрез миналото, чрез нелинейния кристал.

До известна степен тези изследвания бяха дискредитирани от вестникарски шум около тях с твърдението, че е наблюдавана “квантова телепортация”. Според вестниците изглеждаше, че днес-утре ще започне телепортиране и на хора. Всъщност експериментите са безкрайно интересни и най-важното - за тях не са нужни ускорители, реактори или някаква друга свръхскъпа апаратура. Апаратурата не струва “гига” долари, нито “мега” долари - може би няколко “кило” долара. Това е по силите ни. Останалото – схеми на съвпадения и детектори го има в повечето лаборатории със средни експериментални възможности. Тъй като не съм лазерджия, за мен най-голям проблем е ултравиолетовият лазер.

Думите на А. Айнщайн, послужили за мотото на тази статия относно що е това фотон, заимствах от работата на Клишко от 1988 г. В края на статията Клишко сам си отговаря що е това фотон:

“Във всеки случай сега аз точно зная какво е фотон: това е нещото, което по-горе е означено със символите $E(x_2)$ и $|1\rangle$ и което може да се приготви в чист вид с помощта на спонтанно параметрично разсейване”.

Ясно ли е?

Всъщност в тези явления може би проблемът не е що е това фотон, а по-скоро как става така, че изглежда въздействието върху единия обект се предава със скорост по-голяма от скоростта на светлината върху втория обект, или в термини на квантовата механика, която още веднъж показва, че работи – какво е това “колапс на вълновата функция”.

Последствия за квантовата механика явно ще има, защото сега още по-остро се поставят въпросите защо и как. Или може би, както казва по-горе Р. Файнман, няма да минат още едно-две поколения физици и ще свикнем и няма да задаваме въпроси. В това не вярвам.

Последствия ще има още сега, най-малкото в теорията на относителността, тъй като, ако се потвърди наблюдението за въздействие със скорост по-голяма от скоростта на светлината, ще започнат да “сверяват часовници” чрез “колапс на вълновата функция” на двойка свързани фотони.

Явно са нужни нови и по-чисти експерименти.

Литература:

- [1] A. Aspect, P. Grangier, G. Roger, *Phys. Rev. Lett.* **47**, No. 7, (1981) 460.
- [2] A. Aspect, J. Dalibard, G. Roger, *Phys. Rev. Lett.* **49**, No. 25, (1982) 1802.
- [3] R. P. Feynman, *Int. J. of Theoretical Physics*, **21**, No. 6/7 (1982) 477.
- [4] Д. Н. Клишко, *УФН*, **154**, вып. 1, (1988) 133.
- [5] B. Dopfer, PhD Thesis, Innsbruck, 1998, in A. Zeilinger, *Rev. of Mod. Phys.* **71**, No. 2 (1999) S288.
- [6] G. Weiths, T. Jennewein, C. Simon, H. Weinfurter, A. Zeilinger, *Phys. Rev. Letters*, **81**, No. 23 (1998) 5039.
- [7] J. F. Clauser, A. Shimony, *Rep. Progr. Phys.*, **41** (1978) 1881; Оригиналната статия на J. Bell е в едно неизвестно списание, излизало кратко време: J. C. Bell, *Physics* (Long Island City, N.Y.), **I**, (1964) 195.
- [8] D. V. Strekalov, A. V. Sergienko, D. N. Klyshko, Y. N. Shih, *Phys. Rev. Lett.*, **74**, No. 18 (1995) 3600.

ФИЗИКА НА ЧАСТИЦИТЕ И КОСМОЛОГИЯ: СЪСТОЯНИЕ И НАДЕЖДИ*

В. А. Рубаков, Институт по ядрени изследвания, РАН

1. Стандартният модел

В основата на Стандартния модел (СМ) лежат следните представи:

А. Взаимодействията между частиците се основават на калибровъчния принцип и представляват неабелеви обобщения на квантовата електродинамика. Силните взаимодействия съответстват на калибровъчната цвetoва група $SU(3)_c$, а техни преносители са осем (по броя на генераторите на $SU(3)_c$) безмасови векторни частици - глюоните G_a . Слабите и електромагнитните взаимодействия се описват от калибровъчна теория с група $SU(2) \times U(1)$. Съответните векторни частици са безмасовият фотон γ , масивните заредени векторни бозони W^+ и W^- и неутралният векторен бозон Z^0 . По такъв начин калибровъчната група на СМ е $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$.

Б. Покрай векторните частици със спин 1 в природата съществуват и частици със спин $S = \frac{1}{2}$ - фермионите. Това са кварките (частици, притежаващи "цвят") и лептоните. Взаимодействието между фермионите и векторните бозони се определя от техните квантови числа относно калибровъчната група $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$.

В. Взаимодействията, свързани с групата $SU(3)_c$, са силни на големи разстояния (от порядъка на 10^{-13} cm и повече). Това води до отсъствие в природата на свободни "цветни" частици ("неизлитане" на цвета) - кварки и глюони. Вместо тях се наблюдават безцветните свързани състояния - адроните. На разстояния, значително по-малки от 10^{-13} cm, интензитетът на цвetoвите взаимодействия намалява ("асимптотична свобода") и те могат да бъдат изучавани по методите на теорията на пертурбациите.

Г. Калибровъчната симетрия $SU(2) \times U(1)$ е спонтанно нарушена до калибровъчната симетрия $U(1)_{em}$ на електромагнитните взаимодействия. Именно затова векторните бозони W^+ и Z^0 притежават маси, а слабите взаимодействия са близкодействащи - с мащаби от порядъка на 10^{-15} cm.

Д. Също като масите на W - и Z -бозоните, масите на кварките и лептоните са резултат на нарушение на калибровъчната симетрия $SU(2) \times U(1)$ до $U(1)_{em}$. Това нарушение на симетрията води до смесване на кварките, отговорни например за слабите разпадания на странните частици, осцилациите на K - и B -мезоните и т.н.

Голяма част от представите на СМ днес имат надеждна експериментална поддръжка. Последната от споменаваните частици - t -кваркът - беше открит неотдавна в експерименти на протон-антипротонния колайдър Теватрон във Фермилаб, САЩ, с енергия в системата на центъра на масите (с.ц.м.) 1,8 TeV. Теорията на силните взаимодействия на кварките и глюоните - квантовата хромодинамика беше подложена на пряка експериментална проверка в многобройни опити с ускорители при високи енергии.

Трябва да се отбележи обаче, че в квантовата хромодинамика остават редица нерешени динамични проблеми, всред които изпъква проблемът за конфайнмънта - механизмът за неизлизане на цветовете. В тази област важна роля трябва да изиграе откриването и изследването на екзотичните адрони: ако обикновените адрони можем да си ги представим като свързани състояния на кварк и антикварк $\bar{q}q$ (мезоните π^0 , $\pi^\pm$, ρ^0 , $\rho^\pm$, K^0 , $K^\pm$ и т.н.) или на три кварка qqq (барионите протон, неутрон, Δ , Λ и т.н.), то екзотичните адрони представляват свързани състояния на глюони GG (глюболи), на глюони и кварки $\bar{q}qG$ (хибриди) или на четири кварка $\bar{q}\bar{q}qq$ (четирикваркови мезони). Търсенето и изследването на екзотичните адрони се провеждат интензивно в експерименти с ускорителя У-70 в Протвино, Русия, с ускорителя SPS в ЦЕРН (Женева) и др.

Сред другите интересни проблеми на квантовата хромодинамика трябва да отбележим проблема за описание на взаимодействията при високи енергии и относително неголеми предавания на импулс (тук важна роля играят експериментите с електрон-протонния колайдър HERA в лабораторията DESY в Хамбург) и проблема за образуване на кварк-глюонна плазма (специално за изследване на този проблем се строи колайдърът за тежки йони RHIC в Брукхайвън, САЩ).

Теорията на слабите и електромагнитни взаимодействия е проверена експериментално също с висока точност. С електрон-позитронния колайдър LEP-I в ЦЕРН с енергия в с.ц.м. около 90 GeV са проведени точностни измервания на параметрите на Z-бозона. За да характеризираме точността на тези данни, като пример ще посочим стойностите на масите на тази частица, пълната ширина (величина обратнопропорционална на времето й на живот) и относителната вероятност за разпадане на Z-бозона на двойка e^+e^- :

$$m_Z = 91,187 \pm 0,007 \text{ GeV},$$

$$\Gamma_{Z,\text{tot}} = 2,490 \pm 0,007 \text{ GeV},$$

$$\frac{\Gamma_{Z,e^+e^-}}{\Gamma_{Z,\text{tot}}} = 3,366 \pm 0,008\%$$

Вижда се, че става дума за точности от порядъка на десети от процента!

При такава точност съществена роля играят радиационните поправки, обусловени от слабите взаимодействия (аналогични на лембовското отместване в квантовата електродинамика). Анализът на тези радиационни поправки позволява да се провери не само Стандартният модел, но и да се предскажат масите на още неоткрити частици. Така още преди прякото откриване на t-кварка беше предсказана неговата маса: $m_t = 170 \pm 20 \text{ GeV}$, а последвалото пряко измерване на тази величина даде: $m_t = 174 \pm 5 \text{ GeV}$.

Понастоящем (юни 1999 г.) с Теватрона и с електрон-позитронния колайдър LEP-II в ЦЕРН интензивно се изследват свойствата на W-бозоните; тяхната маса е добре известна: $m_w = 80,39 \pm 0,04 \text{ GeV}$.

През последната половина година са измерени параметрите на взаимодействие на W-бозоните с фотона и Z-бозона. Работата е в това, че теорията с калибровъчната група $SU(2) \times U(1)$ предсказва напълно определени “неминимални” електромагнитни взаимодействия на W-бозоните, т.е. стойностите на техните магнитни моменти, електричните квадруполни моменти и т.н. Това се отнася и за взаимодействията на W- и Z-бозоните. Проведените до този момент измервания с точност до 10 % напълно потвърждават СМ. По такъв начин неабелевият характер на взаимодействията в СМ получава експерименталното си потвърждение.

2. Спонтанно нарушаване на симетриите

Ако калибровъчната симетрия $SU(2) \times U(1)$ се реализираше по същия начин както в електродинамиката, т.е. не беше спонтанно нарушена, то W- и Z- бозоните, както и фотонът, щяха да бъдат безмасови. Освен това кварките и лептоните също нямаше да имат маси. Последното обстоятелство е свързано с това, че левите и десни компоненти на кварките и лептоните се преобразуват по различен начин под действието на групата $SU(2)$; другояче казано, те имат различни слаби изоспинове.

Левите компоненти притежават слаб изоспин $1/2$ и представляват дублети относно $SU(2)$:

$$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}_L, \begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix}_L, \begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}_L \text{ (кварки)}$$

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix}_L, \begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{pmatrix}_L, \begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau \end{pmatrix}_L \text{ (лептони)}$$

Десните компоненти $u_R, d_R, \dots, e_R, \dots$ са синглети относно $SU(2)_L$; те имат нулев слаб изоспин. Явните масови членове във фермионния лагранжиан $m(\overline{e_R})e_L$ (и аналогично за кварките) са забранени по слабия изоспин и затова масите на кварките и лептоните могат да възникват само в резултат на спонтанно нарушаване на електрослабата симетрия.

Въпросът за механизма на спонтанното нарушаване на симетрията е вероятно най-насыщният за физиката на частиците. За спонтанното нарушаване на симетрията е необходимо образуването на кондензат с нетривиални квантови числа относно групата $SU(2)$. Ситуацията тук е напълно аналогична на теорията на свръхпроводимостта, където зареденият (притежаващ нетривиални квантови числа относно групата на електромагнетизма $U(1)_{em}$) кондензат спонтанно нарушава калибровъчната симетрия $U(1)_{em}$ и електромагнитните взаимодействия стават близкодействащи (ефект на Майснер). В електрослабата теория близкодействащи стават и слабите взаимодействия, което съответства на масивността на W- и Z- бозоните.

A priori съществуват две възможности: да кондензира може или елементарното скаларно поле (скаларно, защото вакуумният кондензат не трябва да нарушава Лоренц-инвариантността), или съставното поле. Първата възможност - механизмът на Хигс - е

аналогична на теорията на свръхпроводимостта на Гинзбург-Ландау в случай, че полето на Гинзбург-Ландау е елементарно. Втората възможност е аналогична на кондензацията на куперови двойки; тя се реализира в модели от типа на техницвета и затова изисква нови силни взаимодействия на разстояния от порядъка на $10^{-16} - 10^{-17}$ cm. Днес механизмът на Хигс е предпочитаният, понеже позволява достатъчно пестеливо да се обясни наличието на маси на кварките и лептоните. Реалистичните модели със съставен кондензат са много обемисти, като при това много от тях са отхвърлени от прецизните измервания с електрон-позитронния колайдър LEP.

В теория с механизма на Хигс и с едно скалярно поле (дублет относно SU(2)) вакуумният кондензат е еднозначно свързан с кондензата на Ферми за слабото взаимодействие (който от своя страна се изразява чрез масата на W-бозона и калибровъчната константа на групата SU(2)) и е равен на $\langle\phi\rangle = 246$ GeV. Характерно предсказание за този модел е съществуването на електрично неутрална скалярна частица - Хигсовия бозон H с маса, която за съжаление не може да се предскаже.

Масата на кварките и лептоните се получават по следния начин: Като се отчита фактът, че Хигсовото поле има слаб изоспин 1/2, симетриите разрешават взаимодействия от Юкавски тип, например

$$h_e(\bar{e}_R)L_e\phi^+ + e.c., \quad (1)$$

където

$$L_e = \begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix}_L$$

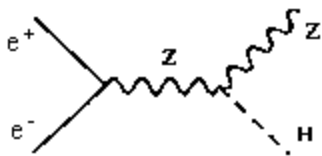
е левият лептонен дублет, h_e - безмерна константа на връзката. Във вакуума $\langle\phi^+\rangle \neq 0$ и изразът (1) се превръща в масов член на електрона с маса $m_e = h_e\langle\phi^+\rangle$. По аналогичен начин възникват и масите на другите лептони и кварки; за сметка на същия механизъм се появява и смесването на кварките.

Цената, която трябва да се плати за такова просто обяснение на произхода на масите на фермионите, е въвеждането на голям брой безразмерни параметри в теорията. Действително, всичките шест маси на кварките и трите маси на заредените лептони (точно - съответните Юкавски константи $h_f = m_f/\langle\phi\rangle$) са необясними параметри; свободни са и четирите параметъра на смесване в кварковия сектор.

Нещо повече - Юкавските константи се различават много силно: ако за t-кварка Юкавската константа $h_t = m_t/\langle\phi\rangle$ е близка до единица, то за електрона

$$h_e = m_e/\langle\phi\rangle \approx 2 \cdot 10^{-6}.$$

Йерархията на масите на фермионите (т.е. Юкавските константи) представлява една от загадките на СМ, която и до ден днешен не е намерила удовлетворителен отговор. Това се отнася и за йерархията на ъглите на смесване в кварковия сектор.



Фиг. 1. Раждане на Хигсов бозон при сблъскване e^+e^- .

Пряко потвърждение на Хигсовия механизъм на нарушаване на електрослабата симетрия би било експерименталното наблюдение на Хигсовия бозон. Тази частица може да се ражда в електрон-позитронни сблъсквания за сметка на взаимодействие със Z-бозон (Фиг. 1.) и по аналогичен начин в протон-протонни и протон-антипротонни сблъсквания. До ден днешен тази частица не е наблюдавана; съществува само ограничение за нейната маса, което е следствие от експерименти с LEP-II:

$$m_H > 95 \text{ GeV}.$$

Друг косвен начин за определяне на масата на Хигсовия бозон е основан върху анализа на неговия принос в радиационните поправки към стойности, измерени прецизно с електрон-позитронния колайдър LEP и с електрон-позитронния колайдър SLC (Станфорд, САЩ). Този анализ дава:

$$m_H = 66^{+74}_{-39} \pm 10 \text{ GeV},$$

т.е. $m_H < 220 \text{ GeV}$ с достоверност 95 %.

Надеждите за наблюдаване на Хигсовия бозон са свързани с повишаването на енергията на електрон-позитронния колайдър LEP-II до 205 GeV в с.ц.м. и увеличаване на светимостта на протон-антипротонния колайдър Теватрон. А ако Хигсовият бозон не бъде открит с тези ускорители, то той трябва да бъде открит (ако действително съществува) с протон-протонния колайдър LHC с енергия 14 GeV в с.ц.м., който трябва да заработи в ЦЕРН през втората половина на това десетилетие.

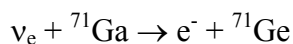
И така, откриването на бозона на Хигс представлява една от най-близките задачи на протичащите и предвиждани експерименти във физиката на високите енергии. Обаче откриването на това последно недостигащо звено в СМ съвсем не означава края на фундаменталната физика, защото има редица убедителни съображения, свидетелстващи за непълнотата на СМ. С откриването на Хигсовия бозон “новата физика” едва започва! (Не трябва напълно да се изключва и възможността, че спонтанното нарушаване на симетриите да е обусловено не от механизма на Хигс, а от някакъв друг механизъм, може би съвършено неизвестен на теоретичите).

3. Неутринни осцилации

Едно от немногото експериментални указания за непълнотата на СМ са резултатите от наблюденията, свидетелстващи за съществуването на неутринни осцилации. Сред тези резултати се открояват измерванията на потока слънчеви неутрина в различни области на спектъра и измерването на свойствата на неутрина, родени от космични лъчи в атмосферата на Земята.

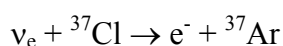
3.1. Слънчеви неутрина. Абсолютният поток и спектърът на неутрината, родени в централните области на Слънцето се изчисляват надеждно в рамките на стандартния слънчев модел (ССМ). Измерването на потоците неутрино понастоящем се провеждат от четири подземни детектора, чувствителни към неутрина с различни енергии.

В галиевите експерименти SAGE (Бакинска неутринна обсерватория на ИЯИ, РАН) и GALLEX (лабораторията Гран-Сасо, Италия) се използва реакцията



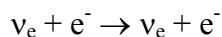
и се измерва потокът меки неутрина ($E > 0,23 \text{ MeV}$).

В хлорния експеримент Homestake (САЩ) се използва реакцията



и се регистрират неутрина с по-висока енергия ($E > 1,2 \text{ MeV}$).

Водно-черенковският детектор Супер-Камиоканде (Япония) регистрира електроните на откат, възникващи при еластичното разсейване



и измерва потока неутрина в твърдата област на спектъра ($E_\nu > 6,5 \text{ MeV}$). За разлика от електрохимичните детектори SAGE, GALLEX и Homestake, детекторът Супер-Камиоканде позволява да се определи не само интегралният поток, но и спектърът на слънчевите неутрина, т.е. зависимостта на потока от енергията.

Във всички тези експерименти регистрираният поток неутрино (в съответните енергетични области на спектъра) се оказва значително по-нисък от пресметнатите по ССМ. Съотношението на измерените потоци и интегралния пресмятан поток е:

$$0,52 \pm 0,06 \text{ (SAGE)}$$

$$0,60 \pm 0,06 \text{ (GALLEX)}$$

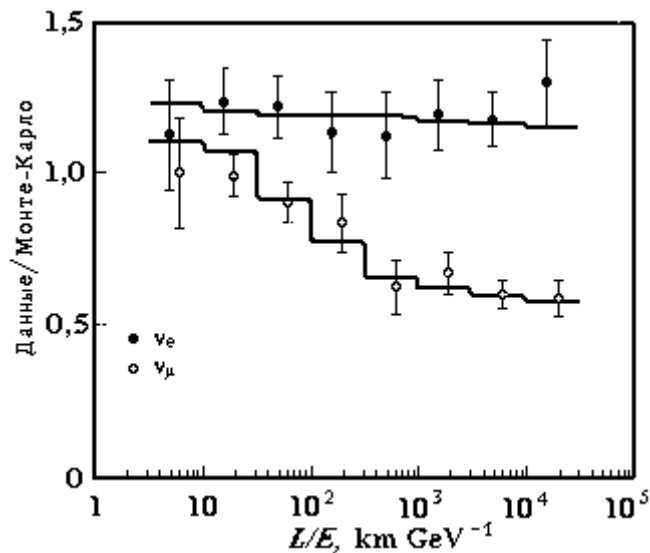
$$0,33 \pm 0,03 \text{ (Homestake)}$$

$$0,47 \pm 0,02 \text{ (Супер-Камиоканде)}.$$

Най-вероятната интерпретация на “дефицита на слънчеви неутрина” е осцилацията на електронните неутрина ν_e в други типове неутрино (ν_μ , ν_τ или съвършено новото “стерилно” неутрино ν_s) по пътя от централните области на Слънцето към Земята. Много интересна и реалистична е възможността електронното неутрино ν_e да се превръща в неутрино ν_μ , ν_τ или ν_s в процеса на преминаването им през веществото на Слънцето (ефект на Михеев-Смирнов- Вулфенстайн).

3.2. Атмосферни неутрина. Електронни и мюонни неутрина със сравнително високи енергии ($E_\nu > 1 \text{ GeV}$), раждани от космичните лъчи в земната атмосфера, се

регистрират от едромасабни подземни детектори. Ъгловата зависимост на потока атмосферни неутрина се изчисляват надеждно и отклонения на измерената ъглова зависимост от изчислената свидетелстват за осцилации на неутрино. Най-важното такова отклонение (само за мюонното неутрино) е регистрирано с детектора Супер-Камиоканде (Фиг. 2.). Този резултат служи като сериозно указание за осцилации $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ (или $\nu_\mu \rightarrow \nu_s$); възможност за обяснение на осцилации $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ се изключва от неотдавнашните отрицателни резултати при реакторния експеримент CHOOZ във Франция.



Фиг. 2. Съотношението на измерени с детектора Супер-Камиоканде брой събития и пресметнатия (в отсъствие на неутринни осцилации) като функция от съотношението на ефективното прелетяно от неутрино разстояние и неговата енергия. Отделно са показани събитията, обусловени предимно от електронни (тъмните кръгчета) и от мюонни (светлите кръгчета) неутрина. С плътни линии са показани очакваните съотношения при наличие на неутринни осцилации $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ (или $\nu_\mu \rightarrow \nu_s$) с $\Delta m^2 = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$ и максимално смесване.

3.3. Масите на неутрино и новата физика. Изложените до тук резултати свидетелстват, че неутрино има маса. Възможното обяснение е в това, че едно от масовите състояния на неутрино (основно на ν_e) е с много малка маса: $m_{\nu 1} \ll 10^{-3} \text{ eV}$, а за второто и трето състояния (суперпозиция на ν_μ и ν_τ) масите са $m_{\nu 2} \sim 10^{-3} \text{ eV}$ и $m_{\nu 3} \sim 10^{-1} \text{ eV}$.

Съществуващите данни допускат и друга интерпретация, например силно изроден спектър на масата на неутрино. Освен това ускорителният експеримент по търсене на

осцилации LSND (Лос-Аламос, САЩ дава указание за осцилации $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$ с $\Delta m^2 \sim (0,2 - 2) \text{ eV}^2$. Ако това е вярно, става необходимо въвеждането на “стерилно” неутрино ν_s .

Във всеки случай масите на всички неутрина са малки: прякото измерване на масата на неутрино при β -разпадане на трития в Троицк (Русия) и Майнц (Германия), дава:

$$m_{\bar{\nu}_e} < 2,5 \text{ eV},$$

а ограничението на майорановската маса на неутрино, получено в експеримента Хайделберг-Москва (Гран-Сасо, Италия), дава:

$$m_{\nu_e}^{\text{Majorana}} \leq 0,5 \text{ eV}.$$

Вижда се, че масата на неутрино е извънредно малка в сравнение с масите на кварките и заредените лептони.

За обяснение на малките, но ненулеви маси на неутрино се налага въвеждането на нов енергетичен мащаб $M \sim 10^{12} - 10^{16} \text{ GeV}$ (с този мащаб могат да бъдат свързани масите на десните партньори на известните ни неутрина). Тогава масите на неутрината ще бъдат потиснати от тези големи мащаби:

$$M_\nu = \text{const.} \langle \phi \rangle^2 / M,$$

където $\langle \phi \rangle$ е вакуумното средно на Хигсовото поле в СМ.

По такъв начин определянето на спектъра на масите и параметрите на смесване на неутрино открива път за изучаване на новата физика в областта на енергии, недостъпни за ускорителни експерименти.

В близка перспектива се очаква изучаването на потока слънчеви неутрина в подземните експерименти SNO (Канада), Borexino (Гран-Сасо, Италия) и точните измервания на спектъра (а не интегрални потоци) на твърдите слънчеви неутрина с детектора Супер-Камиоканде. Ще бъдат продължени експериментите с галиевите детектори SAGE и GNO (Гран-Сасо, на основата на GALLEX). В експеримента мини-BooNe (Фермилаб, САЩ) и вероятно в ЦЕРН ще бъде осъществена проверка на експеримента LSND.

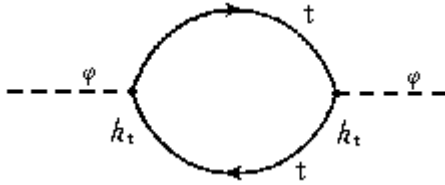
От гледна точка потвърждаване на резултатите на Супер-Камиоканде важна роля играят експериментите, в които за източник на неутрони служат ускорители, а детектори са подземни установки, разположени на стотици километри от тях. Съвкупността на тези експерименти ще позволи не само да се потвърдят неутринните осцилации, но и надеждно да се определят техните параметри.

По нататъшните перспективи в областта на изследвания на свойствата на неутрино са свързани със създаването на подземни детектори от ново поколение, както и съоръжаването на неутринни фабрики - интензивни неутринни потоци на основата на пръстени за натрупване на мюони. Напълно вероятно е прецизните изследвания в тази трудна, но увлекателна област да доведат до нови изненади.

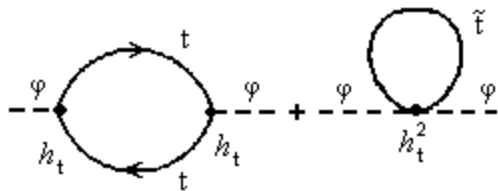
4. Непълнота на Стандартния Модел и суперсиметрия

От теоретична гледна точка в СМ възниква съществена трудност. Естествено е да допуснем, че СМ има смисъла на нискоенергетична граница на някаква по-обща (свободна от ултравиолетови разходимости?) теория, например на теорията на суперструните. Действително, пълното описание на фундаменталните взаимодействия

трябва да включва и гравитационните взаимодействия. Затова СМ е непълен при много високи енергии, сравними с планковските мащаби $M_{Pl} \sim 10^{19}$ GeV. При такава гледна точка параметърът на ултравиолетовото обрязване Λ (който във всеки случай трябва да бъде въведен при регуляризиране на ултравиолетовите разходимости на СМ) има смисъла на енергетичния мащаб, при който се появява новата физика.



Фиг. 3. Радиационна поправка към масовия параметър на Хигсовото поле, възникващо от примката на t-кварка.



Фиг. 4. Примката на скаларния t-кварк премахва примката на t-кварка в суперсиметричните теории.

За разлика от квантовата електродинамика, където радиационните поправки зависят логаритмично от Λ (и затова са малки при разумни стойности на Λ и малка константа на връзката α), в СМ радиационните поправки към масовия параметър на Хигсовото поле са линейни по Λ . Например изображения на Фиг. 3. диаграма дава поправка

$$\delta m^2 = - (h_t^2/4\pi^2)\Lambda^2 \quad (2)$$

където $h_t \sim 1$ е Юкавската константа на t-кварка. Като следствие вакуумното средно на Хигсовото поле трябва да бъде голямо при големи:

$$\langle \phi \rangle \geq \Lambda/2\pi,$$

което е в противоречие с наблюдаемата стойност** на $\langle \phi \rangle = 246$ GeV.

Този аргумент може да се обърне, предполагайки че новата физика се появява в TeV-областта на енергиите (или даже още по-ниско). Тогава $\Lambda \sim 1$ TeV и противоречието се снима. В теории с елементарно Хигсово поле ефектите на новата физика трябва да водят до допълнителен принос в масовия параметър на Хигсовото поле, които да правят поправката δm^2 ултравиолетово-крайна. Такава възможност се реализира в модели с (меко нарушена) суперсиметрия.

В суперсиметричните теории всяка известна частица има суперпартньор със спин, различаващ се с 1/2. Така на всеки кварк (със спин 1/2) съответства *скварк* със спин 0 (в

действителност два скварка, по броя на спиновите състояния на кварка), на глюона G съответства глюино $\tilde{G}$, и т.н. Останалите квантови числа на частиците и техните суперпартньори съвпадат, а константите на взаимодействие са еднозначно свързани помежду си. При точна суперсиметрия масите на частиците и техните суперпартньори трябва да съвпадат. Именно приносът на суперпартньорите съкращава опасните радиационни поправки към масовия параметър на Хигсовото поле. Например при точна суперсиметрия приносът на сумата от диаграмите, представени на Фиг. 4, е тъждествено равен на нула.

Нито един от суперпартньорите на известните частици не е наблюдаван експериментално. Това означава, че суперсиметрията в природата е нарушена и масите на суперпартньорите е много голяма. Търсенето на суперпартньори с колайдърите LEP-II и Теватрона дава следващите ограничения за масите на скаларния електрон, скаларния t-кварк и глюиното:

$$m_{\tilde{e}} > 75 \text{ GeV},$$

$$m_{\tilde{t}} \geq 100 \text{ GeV},$$

$$m_{\tilde{G}} > 190 \text{ GeV}.$$

Такъв вид ограничения има и за масите на другите суперпартньори.

В ситуация, когато масите на частиците и техните суперпартньори се различават, точното анулиране на диаграми от типа, изобразени на Фиг. 4. не се получава. Тяхната сума остава ултравиолетово-крайна (!) и общият принос има структурата на (2), където Λ е мащабът на масите на суперпартньорите.

Изложените по-горе съображения показват, че масите на суперпартньорите трябва да лежат в TeV-областта или даже по-ниско. Тази област ще бъде достъпна за изучаване на строящият се колайдър LHC (не е изключено наблюдаването на суперпартньорите на LEP-II или Теватрона още преди влизането в действие на LHC).

Възниква естественият въпрос: защо масите на суперпартньорите са толкова големи в сравнение с тези на известните частици? Общият и доста красив отговор е, че масите на обикновените частици трябва да бъдат равни на нула в граничния преход при ненарушена електрослаба симетрия $SU(2) \times U(1)$. Във връзка с това се казва, че масите на обикновените частици са защитени от симетриите на Стандартния модел.

За суперпартньорите такава защита отсъства; така явният масов член на скварка $m_{\tilde{q}}^2 \tilde{q} + \tilde{q}$ е разрешен даже при ненарушена симетрия $SU(2) \times U(1)$. Поради това масите на обикновените частици се определят от мащаба на нарушаване на електрослабата симетрия (стойността на Хигсовия кондензат $\langle \phi \rangle = 264 \text{ GeV}$), а масата на суперпартньорите – от мащаба на нарушаване на суперсиметрията, който може да бъде значително по-висок.

По такъв начин различието между масите на обикновените частици и суперпартньорите им изглежда напълно естествено в суперсиметричните модели.

Характерно предсказание на суперсиметричните теории е, че най-лекият Хигсов бозон (в суперсиметричните теории съществуват поне две Хигсови полета, затова става дума именно за най-лекия Хигсов бозон) трябва да има сравнително малка маса: $m_H \leq 130$ GeV. Това предсказание се съгласува напълно с вече обсъжданите резултати на анализа на радиационните електрослаби поправки, а наблюдаването (на LEP-II, Теватрона или на LHC) на лекия Хигсов бозон ще служи като сериозно указание за това, че нискоенергетичната суперсиметрия наистина се реализира в природата.

Изложените в началото на този раздел съображения имат доста общ характер и позволяват с голяма степен на увереност да твърдим, че в TeV-областта се очертава съвършено нова физика. Най-привлекателна (и популярна) е идеята за суперсиметричното обобщение на СМ, но не трябва да се изключи и това, че в природата се реализира някакъв друг вариант на физиката в рамките на СМ. Във всички случаи в близкото десетилетие ни очакват интересни открития при експериментите с колайдъри.

5. Космологията и новата физика

Съвременното развитие на космологията я свързва все повече и повече с физиката на частиците. При това както теоретичните, така и наблюдателните космологични резултати нерядко поставят пред физиката на микросвета неочаквани въпроси и по такъв начин оказват силно влияние върху посоката на изследванията в тази област на физиката на частиците.

Сред тези въпроси се открояват проблемът за небарионната тъмна материя, въпросът за произхода на космичните лъчи със свръхвисока енергия, проблемът за генериране на антибарионната асиметрия на Вселената и природата на инфлационното поле, проблемът за космологичните константи. Всички те сочат необходимостта за излизане извън рамките на СМ на физиката на частиците и затова предизвикват особен интерес.

5.1. Небарионната тъмна материя. Проблемът за небарионната тъмна материя се формулира удобно като съотношение на плътността на енергията на едната или друга компонента на веществото във Вселената и критичната плътност: $\Omega_i = \rho_i / \rho_{\text{crit}}$.

От сравняването на резултатите от изчисленията за разпространеността на леките елементи във Вселената (теорията на първичния нуклеосинтез) с данните от наблюденията следва консервативната оценка за плътността на барионното (обикновено) вещество $\Omega_B < 0,1$ (нещо повече, изглежда голяма част от това вещество не излъчва светлина, т.е. представлява тъмна барионна материя). В същото време многобройните наблюдателни данни свидетелстват за това, че веществото е концентрирано предимно в галактики и купове: $\Omega_M > 0,3$; трябва да подчертаем, че веществото във Вселената е разпределено неравномерно.

Такава оценка е в съгласие и с теорията за образуване на структурите във Вселената, като при това последната дава сериозни указания за това, че небарионната тъмна материя (ако не цялата, то поне по-голямата част от нея) е “студена”, т.е. бидейки нерелативистична, е престанала да взаимодейства с обикновеното вещество.

Вследствие на това небарионната тъмна маса не може напълно да се обясни с наличието на маса на реликтовото неутрино, което престава да взаимодейства с веществото при температура от порядъка на 1 MeV и е ултарелативистична в началния етап от еволюцията на Вселената.

Получените резултати доведоха до представата, че голяма част от веществото във Вселената са нови стабилни частици (с времена на живот сравними или превишаващи възрастта на Вселената: $\tau \geq 10^{10}$ години). Сред многочислените кандидати да играят ролята на частици на тъмната материя най-реалистични са аксионите*** и WIMP - слабовзаимодействащи масивни частици (с маса от порядъка на стотици GeV или няколко TeV). Последните по естествен начин възникват в суперсиметричните разширения на СМ, което обуславя особения интерес към тях.

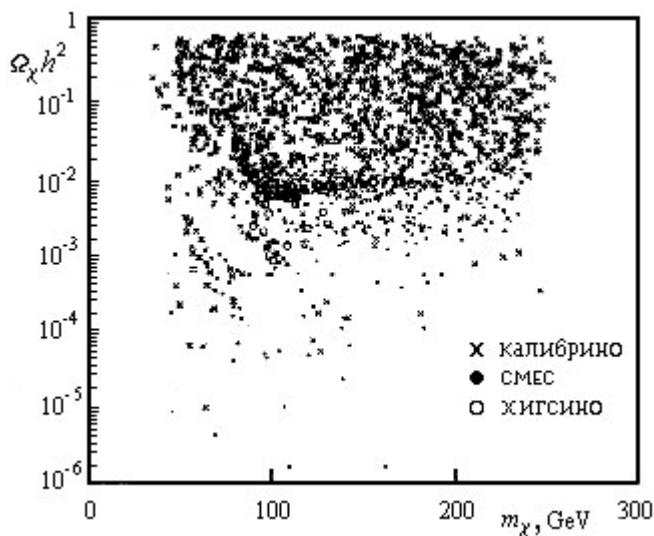
В много (ако не в по-голямата част) суперразширенията на СМ, в това число и в т.нар. Минимален Суперсиметричен Модел (MSSM), най-лекият суперпартньор на обикновената частица (ЛПС) е стабилен. За съжаление нито масата му, нито природата му (чий суперпартньор е той) не може да се предскаже.

Ако ЛПС е електрически неутрална безцветна частица - неутрино (суперпартньор на фотона, на Z-бозона, на Хигсовия бозон или на тяхна суперпозиция), то тя прекрасно подхожда за ролята на студена тъмна материя. Такава частица досега експериментално не е наблюдавана; преките търсения с LEP-II дават ограничение за нейната маса

$$m_\chi > 35 \text{ GeV}.$$

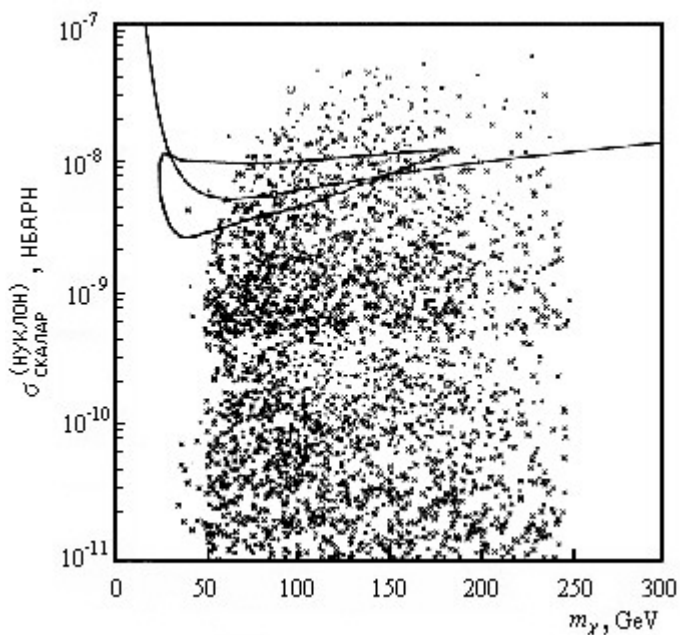
Еднозначното изчисляване на плътността на масата на ЛПС във Вселената не се удава, понеже тя зависи от многочислени неизвестни параметри, присъстващи в MSSM и в другите суперсиметрични теории (например от масите на суперпартньорите). Забележително е обаче, че в широк диапазон от стойности на тези параметри съвременната плътност на ЛПС във Вселената се намира в космологично интересната област $\Omega_\chi = 0,2 - 1$ (Фиг. 5.). По такъв начин хипотезата за ЛПС като частица на тъмната материя е напълно жизнеспособна.

Тази хипотеза се подава на експериментална проверка. ЛПС (както и другите WIMP) взаимодействат с обикновеното вещество, макар и слабо. Затова в нискофоновите подземни детектори може да се опита да бъдат регистрирани редки еластични сблъсквания на частици на тъмната материя с ядрата. Енергията на отката на ядрото се определя от скоростта на частицата на тъмната материя в Галактиката, която е от порядъка на $v \sim 300 \text{ km/s}$ и е от порядъка на 100 keV. Такова малко енергоотделяне в детектора и ниската честота на събитията налага сериозни изисквания към фона и чувствителността на детектора; използва се предимно сцинтилационна или нискотемпературна техника.



Фиг. 5. Плътност на неутралино χ като функция на масата му. Точките, кръстчетата и кръгчетата съответстват на различни комплекти параметри на МССМ. Интересната за космологията област съответства на $\Omega_\chi h^2 \geq 0,1$ (h е съвременната стойност на параметъра на Хъбъл в единици 100 km/s.Mpc).

Преките търсения на частици на тъмната материя се провеждат в много подземни лаборатории по света, в това число и на Баксанската неутринна обсерватория на ИЯИ РАН. Както се вижда от Фиг. 6., още днес възможностите на експеримента са сравними с предсказанията на суперсиметричните теории. С усъвършенстването на експерименталната техника възможностите за пряко наблюдаване на частици на тъмната материя стават напълно реални.



Фиг. 6. Сечение на разсейването на неутралино от нуклон при предположение, че локалната плътност на неутралино е $0,3 \text{ GeV/cm}^3$. Тънката плътна линия е горната

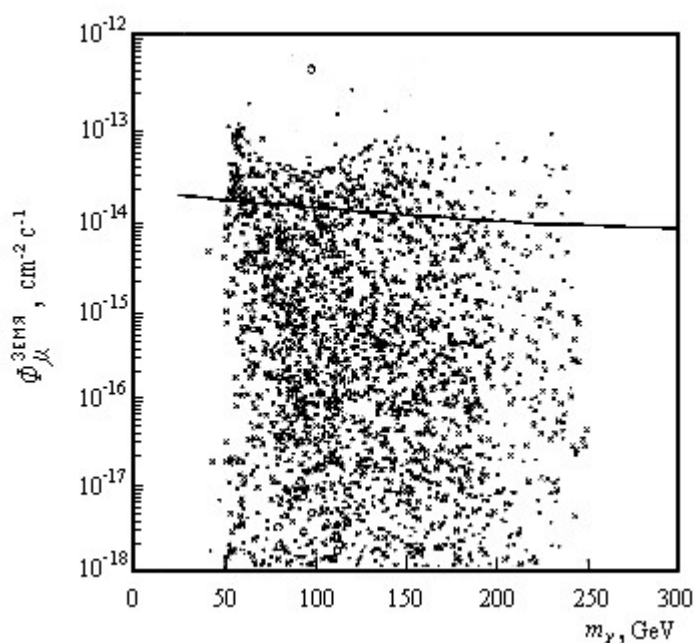
експериментална граница. Затвореният контур съответства на положителен, но засега непотвърден, резултат от изследванията в експеримента DAMA.

Друг начин за търсене на тъмна материя открива възможност частиците на тъмната материя да се натрупват в центъра на Земята или Слънцето и да анихилират там. Сред продуктите на аниhilацията на неутралино присъстват мюонни неутрина:

$$\chi + \bar{\chi} \rightarrow \nu_{\mu}(\bar{\nu}_{\mu}) + \dots,$$

чиито енергии са десетки или стотици GeV. Тези неутрина (по-точно, мюони, които се образуват при взаимодействието на неутрино с веществото в близост до апаратурата) могат да бъдат регистрирани от подземните или дълбоководни неутринни телескопи.

Засега най-добрите ограничения за потоците от такива неутрина са получени с подземните детектори ПСТ (Баксанска неутринна обсерватория), MACRO (Гран-Сасо), Супер-Камиоканде и дълбоководния Байкалски телескоп. Както се вижда от Фиг. 7., този метод има също добри възможности. Надеждите за по-нататъшно увеличаване на чувствителността е свързана на първо място с развитието на Байкалския неутринен телескоп, създаването на други дълбоководни неутринни детектори и с работата на черенковския детектор AMANDA на Антарктида.



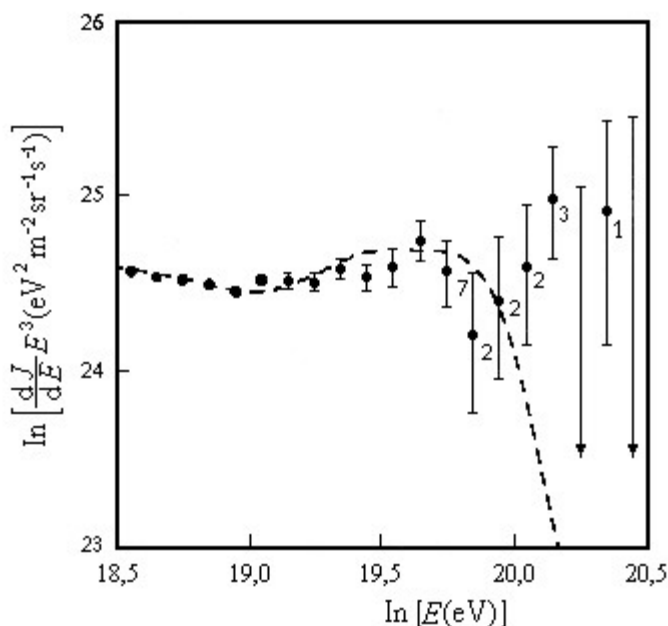
Фиг. 7. Поток мюони по посока от центъра на Земята, образувани от неутрино при аниhilация на неутралино. Плътната линия е експерименталната горна граница. Точките, кръстчетата и кръгчетата имат същия смисъл, като на Фиг. 5.

По такъв начин търсенето на частиците на небарионната тъмна материя, което започна сравнително неотдавна, има добри перспективи. Да отбележим, че за потвърждаването или опровергаването на хипотезата за това, че частиците на тъмната материя са най-леките суперпартньори, особено важни са бъдещите експерименти с LHC, а след това с

NLC (Next Linear Collider - електронен -позитронен колайдър с енергия в с.ц.м. 0,5 - 1 GeV): тези експерименти ще позволят да се открие нискоенергетичната суперсиметрия (ако тя действително съществува) и да се определи спектърът на масите на суперпартньорите.

5.2. Космични лъчи със свръхвисоки енергии. Забележително събитие от последните години стана регистрирането от Якутската експериментална установка и от тези на AGASA (Япония) и на Fly's Eye (САЩ) на широки атмосферни порои, образувани в атмосферата от космически лъчи с енергии, надвишаващи $3 \cdot 10^{19}$ eV. Даже за някои събития енергията на частиците е надвишавала $3 \cdot 10^{20}$ eV. (50 J!). Ускоряването на протони или ядра до такива високи енергии е трудно да се обясни с обикновените механизми. Освен това се очакваше рязко орязване на спектъра в тази енергетична област, свързано със значителното увеличение на сечението на взаимодействие на протоните с реликтовите фотони (орязване на Грейзен-Зацепин-Кузмин).

Забележителното е, че експерименталните данни (Фиг. 8.) свидетелстват за отсъствие на такова орязване, наистина при неголяма статистика. Това означава, че космични лъчи при свръхвисоки енергии се генерират на разстояния по-малки от 50 Мрс от нас (ако частици от космичните лъчи с такива енергии са фотони, то дължината на свободния им пробег във Вселената, която е запълнена от електромагнитно излъчване, също е от порядъка на 50 - 100 Мрс поради процеса на орязване на двойките e^+e^- при взаимодействия на два фотона).



Фиг. 8. Спектър на космичните лъчи, наблюдавани с установката AGAS. До експерименталните точки е посочен броят на събитията, съответстващ на енергетичния интервал. Пунктирът е очакваният спектър при равномерно разпределение на източниците във Вселената.

Проблемът се изостря от това, че протоните със свръхвисока енергия не се отклоняват от галактичните или междугалактичните магнитни полета, а възможни техни

източници (например активни ядра на галактики) по направлението на пристигане на космичните лъчи няма на такива разстояния.

Всичко това показва възможността (а може би и необходимостта) за съществуването на нови механизми за генериране на космични лъчи със свръхвисоки енергии. Такъв механизъм може да бъде разпадането на тежки дългоживущи реликтови частици (с маса $M \geq 10^{13}$ GeV и време на живот $\tau \sim 10^{10} - 10^{20}$ години), взаимно пресичане на космични струни или други екзотични процеси.

Подобни обекти могат да съставляват забележима част от тъмната материя (или даже цялата небарионна тъмна материя), а тяхното разпространение във Вселената трябва да повтаря разпределението на тъмната материя. В такъв случай съществената (от порядъка на 50 %) част от космичните лъчи със свръхвисоки енергии трябва да идват от халото на Галактиката.

Интересът към тази хипотеза е свързан преди всичко с възможността за нейната проверка с някои от планираните експериментални установки - ШАЛ - Pierre Auger (Аржантина, САЩ), Telescope Array (САЩ) и ШАЛ-1000 (около Волгоград). Тези апаратури ще имат площ от $10^2 - 10^4$ km² (за сравнение площта на AGASA е 100 km²) и ще имат възможност да идентифицират първичните частици - дали това са протони, ядра или електромагнитно взаимодействащи частици (фотони, електрони), и нелоша ъглова разделителна способност (няколко градуса).

Характерно предсказание на споменатите механизми за генериране е това, че първичните частици при тях са фотони или електрони (даже в случай на орязване в изходния процес на силновзаимодействащи частици - кварки и глюони: частта на адроните в струята е малка в сравнение с π -мезоните, които в крайна сметка се разпадат на електрони и фотони).

Освен това забележимият принос на халото на нашата галактика в общия поток ще доведе до значителна анизотропия на идващите космични частици в посока към центъра на Галактиката, понеже Слънчевата система се намира в периферията ѝ. Ако такива предсказания се потвърдят, то космичните лъчи със свръхвисоки енергии ще станат уникален източник за информация за новата физика при свръхвисоки енергии, за екзотичните тежки обекти във Вселената и за ранните етапи от нейната еволюция, когато са се образували тези обекти.

5.3. Барионната асиметрия на Вселената. Въпросът за генериране на наблюдаемия излишък от бариони във Вселената е поставен преди близо 30 години (от А. Сахаров) и остава открит до днес. Количествено този излишък на бариони се характеризира със съотношението на плътността на барионното число и плътността на ентропията:

$(n_B - n_{\bar{B}}) / s$. При адиабатна еволюция на Вселената и запазване на барионното число

тази величина не зависи от времето; днес плътността на антибарионите $n_{\bar{B}}$ практически е равна на нула и затова съотношението

$$\frac{n_B - n_{\bar{B}}}{s} = (3 - 10) \times 10^{-11}$$

Това означава, че в ранната Вселената е присъствал само един излишен кварк на около милиард кварк-антикваркови двойки (!), което трудно може да се припише като свойство на началното състояние на Вселената.

За генерирането на барионната асиметрия трябва на някакъв етап от еволюцията на Вселената едновременно да са изпълнени трите формулирани от Сахаров условия: 1) да не се запазва барионното число, 2) да отсъства термодинамично равновесие, 3) да е нарушена CP-симетрията.

По принцип тези условия могат да бъдат изпълнени в рамките на СМ, понеже в него: 1) съществува непертурбативен мезанизъм за нарушаване на барионното число, 2) термодинамичното равновесие може да бъде нарушено, ако електрослабият фазов преход е от първи род, 3) съществува източник на CP-нарушение (CP-инвариантността се нарушава в матрицата на Кабибо-Кобаяши-Маскава).

В течение на дълго време въпросът за възможността за генериране на барионна асиметрия в рамките на СМ при температура от порядъка на 100 GeV предизвикваше голям интерес; днес той има отрицателен отговор. Работата е в това, че необходимо условие е Хигсовият бозон да е с малка маса ($m_H \leq 50$ GeV), а експериментите с LEP-II дават $m_H > 95$ GeV. При такава голяма маса на Хигсовия бозон в СМ отсъства електрослаб фазов преход от първи род. Така че обяснението на барионната асиметрия на Вселената излиза извън рамките на СМ.

Интересно е, че досега не е изключена възможността за генериране на наблюдавания излишък бариони в рамките на МССМ. За това масата на един от суперпартньорите на t-кварка трябва да бъде голяма $m_t < 175$ GeV, а най-лекият Хигсов бозон трябва да има маса по-малка от 175 GeV. Тази област на параметрите е достатъчна за експерименталното изучаване с LEP-2 и Теватрона.

В по-сложни разширения на СМ възможността за електрослаба генерация на барионна асиметрия са по-големи. Във всеки случай възможността именно непертурбативните електрослаби процеси при температури от порядъка на 100 GeV да отговарят за наблюдаемата барионна асиметрия ще бъде потвърдена или опровергана при експерименти с колайдърите в TeV-областта на енергиите.

Ако се окаже, че физиката на електрослабите взаимодействия е недостатъчна да обясни излишъка от бариони, това ще означава, че този излишък трябва да се е образувал за сметка на неизвестни за нас взаимодействия, нарушаващи барионното и/или лептонните числа. Както и по-рано жизнеспособни са механизмите, основани на теорията на великото обединение или на хипотезата за нарушаване на лептонните числа за сметка на майорановската маса на тежкото дясно неутрино. Последният вариант е интересен с това, че свързва барионната асиметрия на Вселената с масите на обикновените неутрина и, следователно, с неутринните осцилации. За съжаление намирането на еднозначен отговор на въпроса, кой именно от тези механизми се е реализирал в ранната Вселена ще бъде, както изглежда, извънредно трудно.

5.4. Раздуващата се Вселена и инфлатонът. Представата, че в някакъв ранен стадий на еволюция Вселената се е раздувала (инфлация) позволява да се решат много фундаментални проблеми на космологията (проблемът за хоризонта, плоскостта,

ентропията и т.н.) и да се осигури генерирането на първичните флуктуации в плътността, които в крайна сметка довеждат до образуване на структури във Вселената.

В голямата си част вариантите на инфлацията са свързани с експоненциалното разширение на Вселената: $R(t) \propto \exp(Ht)$, където $H \approx \text{const}$, при което уравнението на състоянието е близко до вакуумното: $p = -\rho$. Инфлационният стадий се реализира, когато в теорията има ново скаларно поле - инфлатона ϕ с много плосък скаларен потенциал $V(\phi)$. При определени условия инфлатонното поле се изменя бавно с времето; при това параметърът на Хъбъл

$$H = \sqrt{\frac{8\pi}{3} \frac{V(\phi)}{M_{Pl}^2}}$$

действително е почти постоянен във времето.

Характерно предсказание на инфлационната теория е, че спектърът на първичната флуктуация на плътността е близък до мащабно-инвариантния спектър на Харисън-Зелдович. Като цяло това предсказание се съгласува както със съществуващите наблюдателни данни за крупномащабната структура на Вселената, така и с резултатите от измерванията на анизотропията на реликтовото излъчване, което прави инфлационната теория особено привлекателна.

Успехите на инфлационната теория поставиха въпроса за природата на инфлатонното поле. Такова поле трябва да има свойства, които са доста необикновени от гледна точка на физиката на частиците: неговият потенциал трябва да бъде достатъчно плосък чак до значения $\phi \geq M_{Pl}$. Това означава в частност, че в потенциала трябва да отсъстват членове от типа ϕ^6/M_{Pl}^2 , ϕ^8/M_{Pl}^4 и т.н. (по-точно коефициентите пред такива членове трябва да бъдат много малки), които като правило възникват за много полета в релативистичните теории.

Забележим напредък в разбирането на природата на инфлатона ще позволят бъдещи прецизни измервания на анизотропията на реликтовото излъчване на различни ъглови мащаби, измерване на тяхната поляризация (особено със спътници – проекти MAP и Planck; от наземните детектори важна роля може да изиграе PATAH-600) и изучаването на едромасщабната структура на Вселената (Sloan Survey и др.). Работата е в това, че детайли в спектъра на първичните флуктуации в плътността зависят от формата на скаларния потенциал $V(\phi)$.

Освен това забележим принос в анизотропията на реликтовото излъчване при големи ъглови мащаби могат да внесат реликтовите гравитационни вълни. Отделянето на този принос (особено чрез измерване на поляризацията на реликтовите фотони) ще позволи да се определи мащабът на инфлацията, т.е. стойността на параметъра на Хъбъл на инфлационния стадий. Перспективата за количествено изучаване на много ранния (и твърде необикновен) стадий в еволюцията на Вселената и на свързаната с него нова физика на големите енергетични мащаби (10^3 GeV ? 10^{10} GeV ? 10^{16} GeV ?) става напълно реална.

5.5. Космологичната константа. Проблемът за космологичната константа е вероятно най-сложният проблем на съвременната фундаментална физика. По същество това е проблемът за плътността на енергията на вакуума. Приносите в плътността на енергията на вакуума са свързани, казано най-общо, с всички взаимодействия. Може да се очаква, че приносите на силните и електрослаби взаимодействия се определят от мащабите на енергии и по своя порядък са равни съответно на $\Lambda_{\text{КД}}^4$ и M_W^4 , т.е. 10^{-3} и 10^8 GeV^4 . В същото време напълно ясно е, че днешните стойности на плътността на енергията на вакуума не могат значително да надвишават критичната плътност от $\rho_{\text{crit}} \sim 10^{-46} \text{ GeV}^4$. Въпросът е в това как да се обясни силното разминаване между теоретично очакваната стойност и наблюдаваната.

Досега не е получен какъвто и да е удовлетворителен отговор на този въпрос. Нека пак да подчертаем, че проблемът за космологичната константа е проблем на големите разстояния и новата физика на разстояния по-малки от 10^{-15} cm (енергетичен мащаб над 100 GeV) едва ли има отношение към нея. По-скоро става дума за физиката при свръхниски енергии, например за нови безмасови или почти безмасови полета, но опитите да се компенсира енергията на вакуума за сметка на такива полета засега не са увенчани с успех.

В последно време проблемът за космологичната константа получи ново развитие. Бяха издигнати ред космологични аргументи в полза на тезата, че плътността на енергията на вакуума днес е отлична от нула и представлява значителна част от критичната плътност (0,4 - 0,8) на съвременната епоха на развитие на Вселената, т.е. стойности на Ω_Λ близки до единица.



Фиг. 9. Ограничения за Ω_M и Ω_Λ , следващи от изследването на свръхнови от типа Ia, анизотропията на реликтовото излъчване и клъстерите на веществото на равнище 2σ . Плътната линия ограничава разрешената област, където $\Omega_M \sim 1/3$, $\Omega_\Lambda \sim 2/3$.

Най-силен резонанс получи аргументът, основаващ се на изследвания на свръхнови от типа Ia при големи червени отмествания (Фиг. 9.). Ако наистина $\Omega_\Lambda \approx 1$ в съвременната епоха, то възниква допълнителен проблем за обяснение на това забележително съотношение. Действително, плътностите на енергиите на веществото, на излъчването и на вакуума имат еднакво поведение при изменение на мащабния фактор $R(t)$ съответно като R^{-3} , R^{-4} и const . Затова на ранните стадии на еволюцията приносът на плътността на енергията на вакуума в общата плътност на веществото във Вселената е бил извънредно малък и е започнал да се проявява в епоха, близка до съвременната. Ако това е случайно съвпадение, то изисква много специални начални данни (и възниква проблемът за тяхната точна настройка), ако ли не, трябва да се намери съответният механизъм. Предложените понастоящем механизми, например със "следящо поле", изискват въвеждането на нови полета с екзотични свойства, които трудно могат да се получат в съвременните модели на физиката на частиците.

Изглежда както наблюдателните, така и теоретичните аспекти на проблема на космологичната константа през близките години ще се намира постоянно в центъра на внимание. Не е изключено изследванията в това направление да доведат до кардинално преразглеждане на представите ни за физиката на големи разстояния.

6. Вместо заключение

Физиката на частиците и космологията се намират пред прага на нов много интересен етап на своето развитие. В началото на следващото хилядолетие ни очакват откриването на механизма на нарушаване на електрослабата симетрия и генерирането на масата на частиците, откриването на нови частици и техните взаимодействия (суперсиметрия?), потвърждаване на неутринните осцилации и измерване на техните параметри (разлики в масите и ъгли на смесвания на неутриното). Ще бъде, най-накрая, изяснен и механизмът на нарушаване на CP-инвариантността в кварковия сектор и, вероятно, наблюдаване на CP-нарушение в неутринния сектор.

Развитието на методите на наблюдение и пресмятания в космологията ще я направят количествена наука. В тази област може да се надяваме на потвърждение на инфлационната теория и измерване на параметрите на инфлационното поле, надеждно измерване на съвременната стойност на космологичната константа. Напълно възможно е да се изясни природата на тъмната материя, а космическите лъчи със свръхвисоки енергии ще станат източник на информация за екзотични обекти във Вселената.

Без съмнение взаимното влияние на физиката на частиците и космологията, микро- и макрофизиката ще осигури интензивно развитие на фундаменталната физика в обозримо бъдеще.

Превод: Н. Ахабабян

(В. А. Рубаков, Физика частиц и космология: состояние и надежды,

УФН, **169**, № 12, 1999, 1299-1309)

* Обзор, написан въз основа на изказване на съвместната Юбилейна научна сесия на Отделенията по Обща физика и астрономия и по Ядрена физика на РАН, състояла се на 1 юни 1999 г. във Физическия институт на РАН “П. Н. Лебедев”.

** В действителност това не означава, че СМ е вътрешно противоречив. Противоречието може да се избегне като се въведе “унищожителен” масов член на Хигсовото поле така, че той почти точно да унищожава приноси от типа (2). Такава процедура може да се осъществи във всички порядъци на теорията на смущенията (пренормируемост). Но от физична гледна точка тази процедура е неудовлетворителна, тъй като при големи Λ тя изисква точно настройване на “унищожителен” масов член (казано с други думи, необходимо е изваждането на големи числа от различно естество да довежда до неголяма стойност на $\langle\phi\rangle$).

*** Аксионите се предсказват в моделите със симетрии на Печеи-Квин, предложени за решаване на проблема на СР-запазването в силните взаимодействия. Масата на аксионите е малка ($m_a \leq 1$ eV), но благодарение на специфичния механизъм за тяхното генериране в ранната Вселена те могат да изпълняват ролята на тъмната и студена материя.

100 ГОДИНИ КВАНТОВА ТЕОРИЯ

БЪДЕЩЕТО НА КВАНТОВАТА ТЕОРИЯ

Джеймс Бьоркен*



Макс Планк около 1910 г.

Историята за това как Макс Планк положи началото е една от най-вълнуващите в науката. Това е моята любима история, още повече че аз вече съм писал на тази тема (виж “Физиката на елементарните частици – накъде?” в зимната книжка от 1992 г. на Beam line, том 22, № 4). Тук ще повторя само това, което покойният Ейбрахъм Паис каза за Планк: “Неговите аргументи бяха налудничави, но неговата лудост съдържаше онези божествени качества, които само най-великите са способни да отдадат на науката.”

Сто години по-късно лудостта все още не е изчезнала. Науката понякога достига до резултати, представляващи предизвикателство към човешката интуиция. И трябва да се признае, че в това отношение квантовата теория е безспорен лидер. За мен квантовите парадокси като принципът за неопределеността на Хайзенберг, котката на Шрьодингер, “колапсът на вълновия пакет,” и други, са много по-объркващи и неочаквани отколкото тези в теорията относителността, като парадоксът на близнаците от специалната теория на относителността или физиката на черните дупки от класическата обща теория на

относителността. Често се твърди, че никой в действителност не разбира квантовата теория и аз съм последният, който би оспорил това.

В статиите от този брой трудните въпроси, свързани с интерпретацията на квантовата теория, за щастие не се засягат. Няма да се споменава за дебатите между Айнщайн и Бор, нито за по-късните опити на Бом, Евърит и други, да намерят нова интерпретация на теорията, различна от оригиналната “Копенхагенска интерпретация” на Бор и неговите колеги. Напротив, навсякъде справедливо се подчертава неоспоримият практически успех на тези революционни идеи. Квантовата теория работи. Тя нито веднъж не е претърпяла неуспех. А полето ѝ на приложимост е огромно. Както обича да казва Леон Ледерман, Нобелов лауреат и почетен директор на Фермилаб, повече от 25 процента от brutния национален продукт се дължи на технологии, които по естествен начин произлизат от квантовите явления.

Въпреки това трудно е и да не се съгласим с чувството на Айнщайн, че има нещо непълно в съвременното разбиране на квантовата теория. Може би уравненията на теорията не са абсолютно верни и някакви корекции евентуално ще бъдат внесени, а ефектите от тях наблюдавани. Този възглед не е особено популярен. Но все пак съществуват учени, които смятат, че квантовата теория е точна само за достатъчно малки системи, а за големи и сложни квантови системи, които е трудно да бъдат описани достатъчно подробно, може би съществуват някакви малки “шумови” членове или нелинейности във фундаменталните уравнения, които успешно биха се справили с парадокси като “колапсът на вълновия пакет.”



Алберт Айнщайн и Нилс Бор в край на 20-те години

От създаването на квантовата теория досега всички дебати върху нейните основи са произвеждали повече шум отколкото реални действия и оставаха повече свързани с философията на науката отколкото с реалната експериментална наука. Джон Бел внесе известна свежест в тази насока. Прочутата теорема, която носи неговото име, стана причина за възникването на експериментална програма, проверяваща някои от фундаменталните въпроси на теорията. Все пак щеше да бъде голям шок, поне за мене, ако тези експерименти бяха разкрили някакво несъответствие, защото изследваните обекти бяха прости атомни системи, не твърде отличаващи се от системите елементарни частици, при които в последно време бяха ясно наблюдавани сложни квантови ефекти. За едно достойно предизвикателство на квантовата теория, според мен би трябвало да се отиде много по-далеч и по-дълбоко.

Какво би представлявало това предизвикателство? Понастоящем една ясна възможност, която активно се използва, е теорията на струните; тя се опитва да приложи Айнщайновата гравитационна теория за много малки дължини, където преобладават квантовите ефекти. В своя настоящ вид именно гравитационната теория е тази, която се модифицира, развива и обобщава, без да засяга същността на квантовата теория. Но трябва да се има предвид и алтернативата, че и самата квантова теория не е в състояние

да опише гравитационните ефекти. Обаче такава програма е по-лесно да се формулира, отколкото да се изпълни. И проблемът е, че отговорът трябва да бъде намерен почти без никаква експериментална помощ. Напротив, развитието на самата квантова теория беше съпътствано от огромен брой експерименти, които помагаша на теоретиците да намерят окончателните уравнения.

Друг един подход беше неотдавна предложен от Франк Вилчек във една много интересна статия във *Physics Today*. Той сравнява еволюцията на уравненията на квантовата теория с тези на Максвеловата електродинамика. И едните и другите първоначално са били формулирани, изхождайки от експерименталния материал. И в двата случая интерпретацията на тяхното съдържание дойде по-късно. При електродинамиката окончателното заключение е, че в крайна сметка уравненията на Максвел изразяват твърдения свързани със симетрията. (На физичен жаргон уравненията на Максвел изразяват факта, че електродинамиката е калибровъчно инвариантна и Лоренц-ковариантна). Вилчек отбелязва, че не съществува подобен дълбок смисъл в уравненията на квантовата механика и се надява, че когато бъде намерено истинското значение на квантовата теория, то също ще съдържа симетрични твърдения. Ако наистина съществуват такива симетрии, то те или са ни неизвестни, или засега не могат да бъдат разпознати. Вилчек цитира едно предложение на Херман Вайл, което би могло да ни насочи по верния път. Но дори и тогава теоретиците ще трябва да действат самостоятелно, без сериозни възможности за експериментална подкрепа.

Обаче на хоризонта започва да се откроява и един друг подход, тясно обвързан с реалните данни. Той е следствие на информационната революция. По принцип квантовите системи могат да бъдат използвани за създаването на много по-мощни компютри от съществуващите в момента. Ако това се реализира, тогава основите на квантовата механика ще могат да бъдат проверени върху много по-сложни физични системи. А и ако квантовата механика наистина се нуждае от някакви принципни изменения, то тези компютри може би няма да могат да функционират по очаквания начин. Ако това се окаже вярно, то ще представлява още един пример за това, как една революция в технологията може да даде тласък на фундаменталната наука.

Превод: С. Рашев

James Bjorken, "*The Future of the Quantum Theory*",

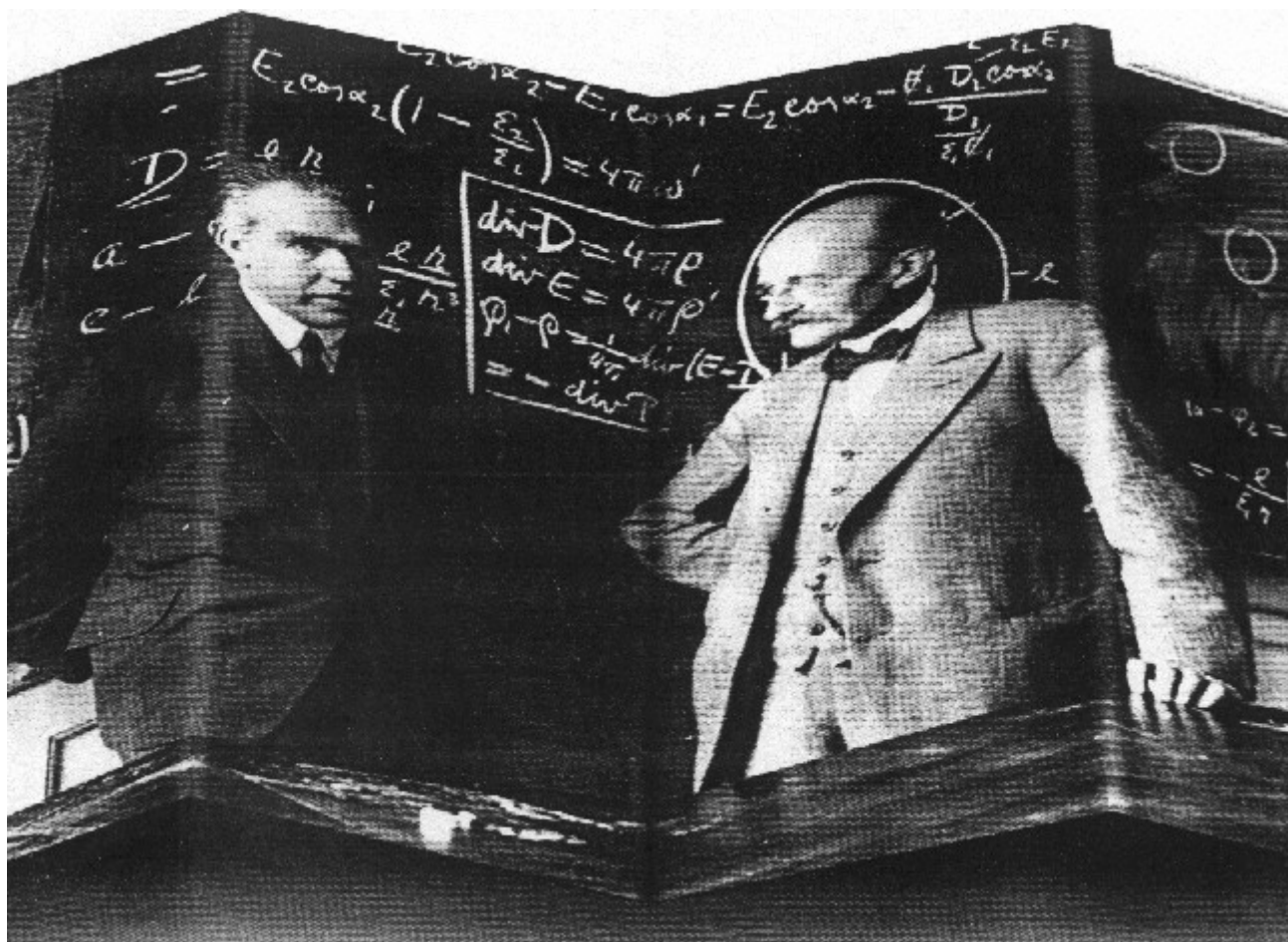
Beam line, **30** (Summer/Fall 2000) No. 2.

* Известен теоретик с приноси в развитието на кварк-партонния модел на елементарните частици, ръководител на теоретичния отдел на Националната ускорителна лаборатория "Ферми" в Батавия, Чикаго.

ИЗТОЧНИЦИТЕ НА КВАНТОВАТА ТЕОРИЯ

Катрин Карсън*

Какво представлява една квантова теория? Този въпрос е бил задаван отдавна, откакто Макс Планк въведе елемента на дисконинуитета, наречен квант, преди един век. Оттогава дискретната структура на природата (или поне на нашите теории за нея) е съставна част от представите ни за света. Тя е довела до основно преформулиране на физичните теории. Същевременно тя помогна да се осмислят голям брой удивителни явления, наблюдавани главно на микроскопично ниво.



Нилс Бор и Макс Планк пред черната дъска

От самото начало новият подход беше олицетворяван от Планковата константа h , въведена за пръв път в неговата прочута статия от 1900 г. Като мярка за отклонението на света от непрекъснатостта, h се оказа много малка, но все пак не нулева константа. Навсякъде нейното появяване водеше до възникването на странни явления. Нейният истински смисъл остана, разбира се, загадка. Макар квантовата ера да беше обявена през 1900 г., то до раждането на квантова теория имаше още доста време. Въвеждането

на дисконинуитета беше само една първа крачка. А създаването на физична теория беше трудна и бавна работа. Физиците дълго разсъждаваха върху това каква би трябвало да бъде квантовата теория. Чудейки се как да я свържат с мощния апарат на физиката от 19-ти век, те се питаха и каква е нейната връзка със съществуващите “класически” теории. За някои отговорът се съдържаеше в квантовата механика, която възникна като резултат на четвъртвековно усилие. Други настояваха за още работа в тази насока. Макар полученият резултат да не е удовлетворителен за всички, квантовата теория се оказа изключително успешна и всички проверки, на които тя беше подлагана през годините, в крайна сметка водеха до нейното усъвършенстване.

Въвеждането на h

Тази история започва съвсем незабележимо на 14 декември 1900 г., когато Макс Планк изнася лекция пред Германското физично дружество върху непрекъснатия спектър на честотите на светлината, излъчвана от идеално нагрятото тяло. Около два месеца по-рано този 42-годишен теоретик беше публикувал една формула, описваща част от новите експериментални резултати. Сега, след като беше имал повече време за обмисляне, той се опитваше да даде физично тълкувание на своята формула. Планк разглеждаше материята като съставена от осцилиращи електрични заряди. Той си представяше енергията ѝ разделена на малки порции, пропорционални на честотите на отделните осцилатори. Константата на пропорционалност той реши да обозначи с h ; законът се записваше така: $\mathcal{E} = hf$. Честотите на осцилаторите f определяха честотите на излъчваната светлина.

Обръщайки се назад към това събитие, ние бихме очаквали фанфари и поздравления. Но както често става в историята, нещата са по-сложни. Планк не беше нарекъл своите порции енергия кванти и не беше склонен да подчертава тяхната дискретност. Поради това истинският смисъл на неговия подход продължи да изкрystalизира постепенно. Макар проблемът, с който той се беше заел, да беше от изключителна важност, истинската му значимост не беше оценена бързо.

Черни тела

Поведението на светлината при нейното взаимодействие с материята беше наистина ключов проблем за физиката на 19-ти век. На първо място електродинамиката, теорията за електричеството, магнетизма и вълните, приведена в окончателен вид от Джеймс Кларк Максвел през 1870-те години. На второ място, развита почти по същото време, беше термодинамиката и статистическата механика, определяща поведението на енергията и превръщането ѝ от един вид в друг. Важният въпрос беше дали тези две теории могат да се обединят в една, въпреки че изхождат от различни фундаментални понятия.

Около средата на 1890-те години Макс Планк се беше заел с един на пръв поглед ограничен проблем – взаимодействието на един осцилиращ заряд със собственото му електромагнитно поле. Тези изследвания обаче го отведоха в много широката и отдавна разработвана проблематика, свързана с излъчването на светлина. Десетилетия по-рано беше осъзнато, че абсолютно поглъщащите (“черни”) тела могат да служат за стандартен излъчвател. В течение на годините бяха натрупани значително количество данни за тези обекти (и техните реални заместители като напр. саждите). Малка група теоретици се занимаваше с термодинамиката на лъчението, а множество

експериментатори се трудеха да определят температурата на нагорещените тела, да измерят интензитета на лъчението и по такъв начин да установят отклонения от идеалното черно тяло. Когато учените се доближиха до практическата реализация на една стара идея – че една затворена тръба с малко отверстие представлява почти идеално черно тяло, – стана възможно провеждането на много по-надеждни измервания.

Сега вече Планковите осцилиращи заряди изпускаха и поглъщаха лъчение, поради което можеха да се използват за моделиране на идеално черно тяло. Така изглеждаше, че всичко си идва на мястото, когато Планк през 1899 г. анализираше една формула, която негов колега бил извел по не особено строг начин. Това се оказало удобно; всички признавали, че формулата на Вили Вийн добре описвала наблюденията. Проблемът бил в това, че много скоро експериментаторите започнали да забелязват отклонения. При ниски честоти изразът на Вийн ставал все по-неточен, докато в другите области той продължавал да дава добри резултати. След като бил информиран за новите резултати, през есента на 1900 г. Планк в кратко съобщение предложил една разумна интерполация на този израз. С помощта на варируеми параметри неговата формула успешно описвала експерименталните данни. Сега пък възникнал въпросът: Как се получава този израз? Какъв е неговият физически смисъл?

Както видяхме, Планк съумял да изведе израза. Но за да получи правилни статистически резултати, той трябвало да приеме, че енергията е разделена на елементи с големина $\mathcal{E} = hf$. Изводът бил успешен и чудесно възпроизвеждал експерименталните данни. Неговият физически смисъл обаче бил неясен. Та нали Максвеловата теория описвала напълно светлината – и я разглеждала като вълна, движеща се в непрекъсната среда. Планк не твърдял, че константата h изразява физичен дисконинуитет, една реална атомарност на енергията. Никой от неговите колеги не се досещал за такава възможност, докато Айнщайн не се заел с проблема пет години по-късно.

Как светлинните кванти се превърнаха в реалност

Измежду трите Айнщайнови статии от 1905 г., тази със заглавие “За една евристична гледна точка върху възникването и преобразуването на светлината” на 26-годишния патентен чиновник бе отбелязана като революционна. В тази статия той обърнал внимание върху странния факт, че електромагнитната теория на светлината се строи на базата на континуални представи, докато теорията за материята винаги се е базирала на дискретни атоми. Възможно ли е представите за дискретността да се окажат полезни и за светлината? Колкото и незаменими да изглеждат Максвеловите уравнения, за някои интересни явления те се оказват неприложими. Основният пример е излъчването на абсолютно черно тяло, което бе разгледано от Айнщайн по начин различен от Планк. Както той показва, тук строгият класически подход дава резултат, който е не само погрешен но и абсурден. Даже в областта, където законът на Вийн е приблизително верен (и където Планковата добавка е ненужна), елементарната термодинамика задължава светлината да се държи като съставена от малки късчета. Лъчението трябваше да бъде раздробено на така наречените от Айнщайн “енергетични кванти”. Днес ние пишем $E = hf$.

И така дискретността се оказва вътрешно присъща на електромагнитния свят. Интересно е, че тогава Айнщайн не се позовал на Планковата константа h , смятайки своя подход за различен по дух. Вместо като Планк да търси осцилиращи заряди, Айнщайн

приложил термодинамиката към самата светлина. Едва по-късно Айнщайн се върнал към тази задача и показал, че Планковата теория наистина предполага съществуването на кванти. Междувременно той предложил ново радикално допълнение. Ако самата светлина се държи като съставена от кванти, то навярно тя също така се излъчва и поглъща във вид на кванти. При това положение някои прости съображения водят до формулирането на закон за фотоелектричния ефект, при който осветяването на метална повърхност предизвиква емисия на електрони. Айнщайн дал не само една лесно проверима хипотеза, но и нов метод за измерване на константата h .

Днес фотоелектричният ефект може да бъде измерен в училищна лаборатория. Но през 1905 г., както и през следващите 10 години, това съвсем не било тривиално. Даже след като Роберт Миликан потвърдил предсказанията на Айнщайн, той, както и доста други, не приемал квантовата хипотеза, лежаща в основата на тези предсказания. Тази хипотеза противоречала на всички известни факти за вълновата природа на светлината (например интерференцията) и не се съгласувала с уравненията на Максвел. Когато Айнщайн получил Нобеловата награда, това се дължало главно на фотоелектричния ефект. Но в обосновката се цитирало само откритието на закона, а не предложеното обяснение.

Връзката между квантовата и вълновата теория на светлината щяла да си остане загадка. През следващите години Айнщайн само щял да изостри противоречието. Той показал, че термодинамиката изисква както класически вълни така и квантуване. Двата аспекта са тясно обвързани: и двата били необходими при това едновременно. В процеса на изследването, Айнщайн приписал на светлината цял набор от корпускуларни свойства. Подобният на частица квант, по-късно наречен фотон, се оказал полезен при обясняването на такива явления като например разсейването на Рентгенови лъчи. За това свое откритие от 1923 г. Артър Комптън получава Нобеловата награда. Но нека не изпреварваме събитията. Преди дуалистични понятия като частица-вълна да започнат да се възприемат сериозно, дисконтинуитетът щял да се утвърди в друга област.

Отвъд светлината

Оказало се, че новите квантови представи най-напред били възприети в области, твърде отдалечени от предизвикващите объркване теории на лъчението. Първата от тези области, макар и съвсем не най-очевидната, била теорията на специфичните топлоемкости. Специфичната топлоемкост на едно вещество показва по какъв начин се променя неговата енергия при повишаване на температурата му. При ниски температури някои твърди тела демонстрират необичайни зависимости. Тук Айнщайн подозирал – отново Айнщайн, – че отклоненията от очакваното поведение биха могли да се обяснят с помощта на квантовата теория. Поради това той преформулирал задачата на Планк, за да опише решетка от независимо трептящи атоми. С помощта на този твърде опростен модел той получил напълно разумни резултати, които включвали същата величина hf , но този път в контекста на твърдотелната теория.

Това състояние на нещата се запазило през следващите три години. Трябваше да дойде внезапната намеса на физикохимика Валтер Нернст, за да бъде осъзнато значението на специфичните топлоемкости. Напипвайки пътя към формулирането на нов термодинамичен закон, Нернст не само подкрепил идеите на Айнщайн с експериментални факти, но и ги поставил на широко обсъждане. Съвсем не случайно а

до голяма степен благодарение на Нернст, първият Солвеевски конгрес през 1911 г. се занимавал именно с теорията на лъчението и с квантите. Айнщайн говорил за специфичните топлоемкости и направил допълнителен коментар върху електромагнитното лъчение. Ако квантът бил роден през 1900 г., то Солвеевската среща може да се смята за негов обществен дебют.

На Солвеевските колоквиуми започнала да се очертава и друга област, където идеята за дисконинуитета щяла да бъде особено полезна. Апаратът на квантуваните осцилатори, разбира се, бил подходящ и за описване на линейните спектри. За разлика от универсалния характер на излъчването на абсолютно челното тяло, линейните спектри на излъчване и поглъщане на различните вещества се различавали твърде силно. Но закономерностите, на които се подчинявали тези спектри, давали нов материал за разсъждения върху квантите. Молекулните спектри станали важен обект на изследване през второто десетилетие на квантовата ера. Макар и по-трудни, но с още по-голямо значение били изследванията върху квантовите движения вътре в атома. Тъй като по това време все още никой нямал ясна представа за строежа на атома, за обяснение на атомните спектри се използвали до голяма степен спекулативни модели. Не е чудно, че повечето от направените в тази насока предположения в началото на 1910-те години се оказали погрешни. Все пак те били полезни за изследване на различните възможности. Орбиталната енергия на електроните, техният ъглов момент (нещо като ротационна инерция) или честотата на техните малки осцилации около равновесното положение: всичко това беше използвано като благодатен материал за квантуване. Наблюдаваните линии на дискретния спектър сега можеха да се свържат непосредствено с електронните движения.

Атомният модел на Бор

Може да изглежда странно, че първоначално Бор не се интересувал от спектри. Той достигнал до проблема за структурата на атома индиректно. Пишейки своята докторска дисертация върху електронната теория на металите, Бор бил дълбоко впечатлен от нейните недостатъци и непоследователност. Той сметнал че на тази теория ѝ липсва някаква стабилизираща сила, принципно различна от познатите сили в класическата физика. Макар да подозирал, че квантът има отношение към това, той не знаел как да го приобщи към теорията.

Воден от интуицията си обаче, той пренасочил своето внимание от металите към атома на Ръдърфорд. Когато започнал своята работа, имало няколко алтернативни модела за атома и този на ядрения атом (тежко положително ядро, обкръжено от леки електрони) бил просто един от тях. Бор започнал работа върху този модел в лабораторията на Ръдърфорд, смятайки, че ще може да усъвършенства механизма на разсейването. Но тогава той открил, че този атом е нестабилен и това приковало вниманието му за дълго. За да стабилизира модела по дефиниция, той решил да наложи условие за квантуване в съответствие със стандартния за онова време подход. И едва когато негов колега му обърнал внимание върху спектрите, той започнал да осъзнава тяхното значение.

Дотогава Бор не знаел нищо за прочутата Балмерова серия на водорода. Той обаче скоро разбрал, че би могъл да я използва за проверка на своя модел, ако малко го видоизмени. Преформулирал излъчването на светлина като преход между дискретни

орбити, при което излъчената честота се определяла от $\Delta E = hf$. За да възпроизведе правилно орбиталните енергии, Бор бил принуден да въведе някои априорни правила. Тяхната обосновка той намирал в квантуването на ъгловия момент в единици на Планковата константа $\hbar$. (Също така използвал и един интересен асимптотичен аргумент, който ще изплува по-късно.)

Получената по такъв начин картина на атома, която той публикувал през 1913 г., била доста странна. Не само за това, че едно квантово условие определяло преходите между нивата, но и самите “стационарни състояния” били фиксирани въз основа на неklasически аргументи. Електроните наистина се въртели по орбити, но честотата на тяхното въртене нямала нищо общо с излъчената светлина. В действителност техните осцилации били така дефинирани, че да **не** предизвикват излъчване. Нямаło начин да се предвиди кога електронът ще прескочи от една на друга орбита. А преходите давали честоти в съответствие с наложеното квантово условие, но Бор не се решавал да приеме понятието фотон.

Разбираемо е, че такъв модел не бил особено убедителен, поне докато не започнали да се появяват нови експериментални резултати за рентгенови лъчи, енергетични нива и спектри. Това, което наистина убедило скептиците, било една малка поправка, направена от Бор. Тъй като ядрото не било фиксирано в пространството, неговата маса също давала незначително отражение върху честотите на спектрите. Изчислената поправка съвпаднала с експериментално измерената с точност до 3 части на 100 000, което било прекалено добро съгласуване, за да може да се отдаде на случайно съвпадение.

Нещата получили завършен вид, когато Айнщайн направил връзката между атома на Бор и излъчването на абсолютно черно тяло. Неговите прочути статии за излъчвателните преходи, от такава важност за лазерите, показали връзката между Планковия закон за черното тяло, дискретните енергетични нива и квантуваната емисия и абсорбция на лъчението. Айнщайн също така подчертавал, че преходите не могли да бъдат предсказвани освен във вероятностен смисъл. Впрочем именно в тези статии той формулирал понятието частичко-подобен квант.

Старата квантова теория

Моделът на Бор, също както и Айнщайновата теория за специфичните топлемкости, проправили пътя към включването на кванта в една по-обща теория. Наистина, изучаването на атомната структура водело към зараждането на цялостна квантова теория, която да замести класическата физика. Връзката между новата и старата теория се превърнала в ключов проблем. Защото някои черти на модела на Бор потвърждавали класическите теории, докато други ги отричали. Беше ли това последователна теория? И защо даваше правилни резултати?



Вилхелм Осиин, Нилс Бор, Джеймс Франк, Оскар Клайн (отляво надясно) и Макс Борн (седнал) на Фестивала на Бор в Гьотинген през 1922 г.

Към края на 1910-те години физиците бяха усъвършенствали модела на Бор, при което той даваше релативистко описание на електроните и включваше допълнителни “квантови числа”. Простото условие за квантуване на ъгловия момент беше обобщено за много други величини. За тази цел теоретичният апарат на звездната механика от 19-ти век се оказал изключително полезен. Плеяда блестящи експериментатори осигурили получаването на все повече и все по-точни спектроскопични данни, не само за обикновени линейни спектри, но и за влиянието на външни електрични и магнитни полета върху вида на спектрите. Подкрепяно от по-възрастните Бор, Арнолд Зомерфелд и Макс Борн, едно ново поколение от млади атомни теоретици се беше захванало с проблемите на квантовата физика. Тези младежи, между които Хендрик Крамерс, Волфганг Паули, Вернер Хайзенберг и Паскуал Йордан, практикуваха особен вид теоретична дейност. Опирайки се на твърдо установени експериментални данни, те се опитваха да нагодят емпиричните зависимости получени от спектрите, към не особено ясните рецепти за прилагане на квантовите правила.

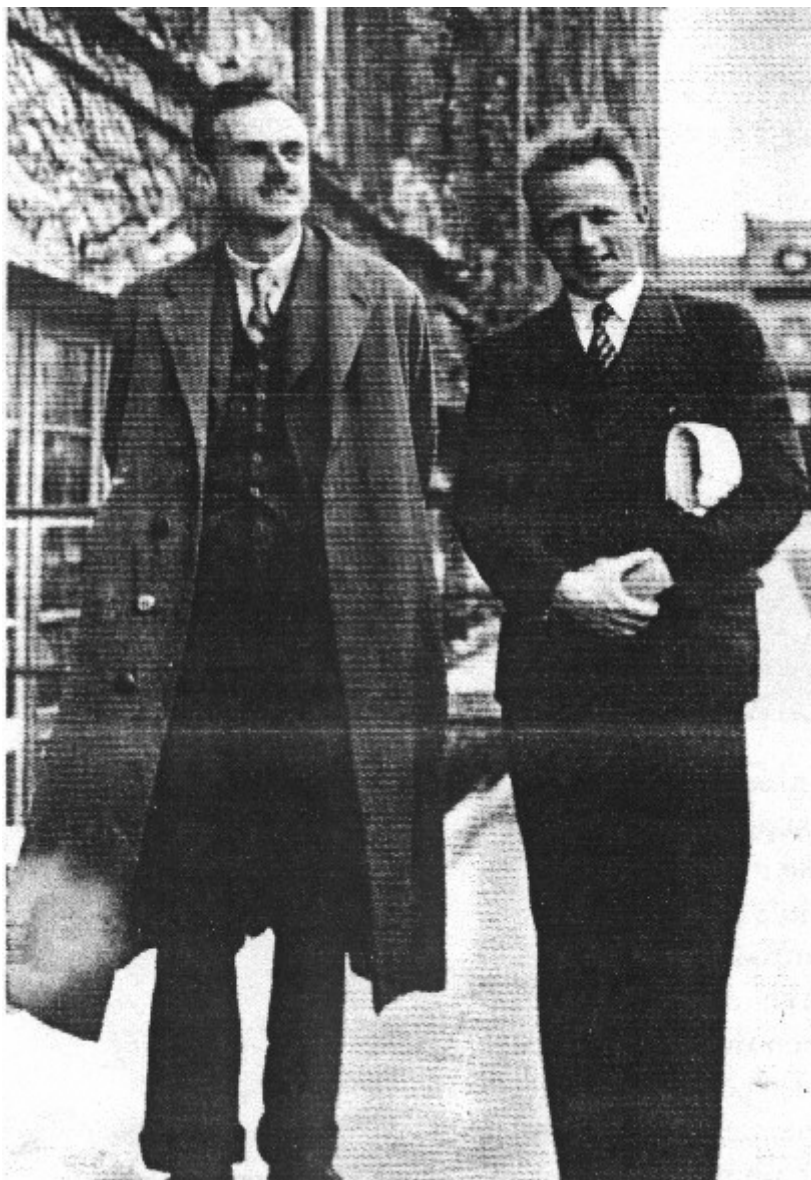
В центъра на тази нарастваща активност, започнала да се оформя една интересна стратегия. При разглеждането на конкретна физична система, първата задача била да се характеризира нейното класическо движение. После върху тези класически движения били налагани квантови условия. Квантуването се превърнало в отработена процедура, която обаче постоянно изхождала от класическите резултати. Класическата физика била използвана като опорна точка и в друг смисъл. Прочутият “принцип на съответствието на Бор“ за пръв път бил приложен в неговите ранни статии, където бил използван за по-дълбоко обосноваване на неговото условие за квантуване. В “класическия граничен случай,” при големи орбитални квантови числа и малки енергетични разлики, честотата на излъчването произхождащо от преходи между

съседни орбити би трябвало да може да се определи класически. Квантовите и класическите резултати би трябвало да съвпадат. Приложен по подходящ начин, принципът на съответствието на Бор давал важна информация за спектрите. Той също така помагал да се отговори на въпроса: как да построим истинска квантова теория.

Но решението още не се виждало. Колкото повече се усложнявала старата квантова теория, толкова нейните провали ставали по-очевидни. Около началото на 1920-те години теоретиците изпадали във все по-затруднено положение. Нито един конкретен проблем не бил фатално нерешим, но количеството на “трудните” проблеми нараствало застрашително. Това чувство за безизходност не било все пак напълно безнадеждно. Една група атомни теоретици, концентрирана около Бор, Борн, Паули и Хайзенберг, бе започнала да подозира, че проблемът се крие в електронните траектории. Може би трябва да се абстрахираме от орбитите. Вместо към орбитите, те се насочили към вероятностите за преход и честотите на излъчените вълни, тъй като за последните съществувала надеждна информация. Както Паули отбелязал през пролетта на 1925 г., “в момента физиката е пак много объркана; във всеки случай тя е прекалено трудна за мен и аз предпочитам да бях филмов комик или нещо подобно и никога да не бях чувал за физика.”

Квантова механика

Дисконтинуитет, изоставяне на нагледността, насочване на вниманието към експериментално наблюдаеми величини: тези приоритети сочели един възможен път за достигане до пълната квантова теория. Но и противоположните приоритети изглеждали също така обещаващи. Когато през 1925-1926 гг. истинската квантова механика била най-после създадена, се открили две на пръв поглед различни алтернативи. И двете използвали като водещо начало връзката с класическата физика, но всяка от тях предлагала различни пътища за разработване на темата.



Пол Дирак и Вернер Хайзенберг в Кеймбридж (около 1930 г.)

Прочутата статия на Хайзенберг от 1925 г., отбелязвана като първия тласък на новото развитие, носи заглавието “Върху квантово-теоретичната реинтерпретация на кинематичните и механичните релации.” Изходната точка бил моделът на Бор за строежа на атома: дискретните състояния оставаха фундаментални, но този път разгледани в светлината на интуитивни представи. Хайзенберг превел класическите понятия на квантов език, използвайки по блестящ начин принципа на съответствието. В неговата нова квантова механика познатите величини имаха странно поведение; произведението зависеше от реда на множителите. Отклоненията от класическата теория обаче се измерваха в единици на Планковата константа.

Някои възторжено приветствали появяването на новата теория, други я сметнали за незадоволителна и неприятна. Защото въпреки елегантния превод на понятията от Хайзенберг, неговата теория третираше по твърде пристрастен начин проблемите на

кванта. Вместо от квантовата теория на атомната структура, можело да се тръгне и от дуалистичното понятие вълна-частица. По този въпрос друг млад теоретик, Луи де Бройл, беше направил едно спекулативно предложение през 1923 г., което Хайзенберг и неговите колеги бяха пренебрегнали. Размишлявайки върху дискретните, частичко-подобни свойства на светлината, де Бройл предложил да се потърсят континуални, вълново-подобни свойства на електроните. Неговото предложение макар и още неподкрепено с експериментални данни, позволило да се направи неочакван напредък в интерпретацията на квантовите условия, задаващи орбитите на Бор. Също така, по заобиколен път то послужило като идея на Ервин Шрьодингер за неговите блестящи статии от 1926 г.

Разглеждайки дискретните позволени състояния на всяка система от частици просто като стабилна форма на континуалните материални вълни, Шрьодингер потърсил тяхната връзка с една добре развита област на класическата физика. Апаратът на континуалната механика му позволил да формулира уравнение, описващо тези вълни. То също било изградено около константата h . Но сега фундаменталните понятия били различни, както и техният смисъл. Шрьодингер не харесвал дисконтинуитета на атомните орбити на Бор, а също и липсата на интуитивна образност на Хайзенберговата квантова механика. Според него квантът не изисквал подобно поведение. В действителност той означавал обратното: че външната атомарност на материята служи за прикритие на реално съществуващия континуум.

По такъв начин един познат модел бил подплатен с физична интуиция, но материята, съответстваща на някаква не добре разбрана вълна, поставяла на изпитание абстрактната математика посредством необичайни променливи, съдържащи в себе си дисконтинуитет и разрушаващи познатата картина на пространство-времето. Не е чудно, че съществуването на няколко алтернативни теории предизвикало спорове. Въпреки че бързо била доказана тяхната математична еквивалентност, това не разрешило споровете по интерпретацията. Защото се смятало, че различните теории отговарят на различна физична реалност.

Всъщност на мястото на Шрьодингеровите материални вълни и Хайзенберговата безкомпромисна дискретност постепенно се установило едно общо компромисно понятие, което донякъде загладило противоречията. Но все пак преобладавал стилът на разсъждение от старата квантова теория. Борн дематериализирал Шрьодингеровите вълни, превръщайки ги в плътност на вероятността за намиране на частица. Хайзенберг открил своя принцип на неопределеността, ограничавайки чрез него самата възможност за измерване и подкопавайки закона за причинността. Картината била дорисувана от принципа за допълнителността на Бор, който се опитвал да примири противоречащите си схващания за вълни и частици.

Станала известна като Копенхагенска интерпретация поради решаващият принос на Бор и постигнала значителни успехи, тя дала основание на датския теоретик да характеризира квантовата механика като рационално обобщение на класическата физика. Не всички обаче били съгласни, че това е окончателното становище. Действително Айнщайн, Шрьодингер и други не се били примирили. Дори Бор, Хайзенберг и Паули очаквали допълнителни изменения да настъпят - макар и в една нова област, квантовата теория на полетата, която била значително по-сложна от квантовата механика. Но очакванията им за фундаментални развития през 1930-те

години и по-късно, които да се характеризират чрез аналогии със старата квантова теория, не намерили отклик в средите извън техния кръг.

По ирония на съдбата, точно както и при техните анти-Копенхагенски настроени колеги, желанието за по-нататъшно усъвършенстване на теорията не дало очаквания резултат. Макар физичният смисъл на кванта да оставаше за някои твърде неясен, то неговата практическа полза не можеше да бъде отричана. Независимо какви изводи се правеха от квантовата механика, изглеждаше, че тя работи добре. Тя не само обединяваше по един красив начин познатите квантови явления, но и позволяваше разработването на най-различни нови приложения. Може би не трябваше да се иска повече от нея? Въз основа на това разбиране, 25 години след Планк, квантът бил вече окончателно навлязъл във физичната теория.

Превод: С. Рашев

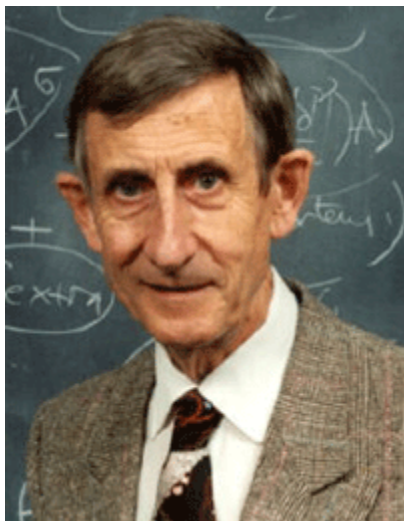
(Cathryn Carson, *The Origins of the Quantum Theory*,

Beam line, Summer/Fall 2000, **30**, No. 2)

* Преподавател по история на физиката в университета Бъркли, Калифорния.

НЕМОДНИ ЗАНИМАНИЯ

(1981 г.) Фримън Дайсън*



1. МОДАТА В НАУКАТА

Приятно ми е да говоря като представител на Института за перспективни изследвания пред потомци на Хумболдтовата фондация, тъй като както Институтът, така и Фондацията подпомагат науката в международен мащаб и се сблъскват със сходни дилеми и трудности. И двете институции поддържат традицията, установена от Александър фон Хумболдт преди 150 години. Желаяйки да науча малко повече за Фон Хумболдт, аз се обърнах към *Encyclopaedia Britannica*, изданието от 1910 г., и намерих чудесна статия от историка на науката Агнес Кларк. Ако прегледате следващите издания, вие ще намерите само откъслечи от материала на Кларк. В своята статия тя описва дейността на Фон Хумболдт по изграждането на първата международна мрежа от станции за метеорологични и магнитни наблюдения и завършва със забележителното изречение: “По такъв начин благодарение на неговите усилия за пръв път е успешно организирано научното сътрудничество на народите - един от най-благородните плодове на съвременната цивилизация”. Така че именно това се стремим да вършим ние - Институтът и Фондацията, - следвайки добрия пример на Фон Хумболдт. В наше време ние се опитваме да усиляме и разширяваме научното сътрудничество на народите.

Реших да говоря за проблема на модата в науката, защото това е проблем от сериозно и растящо значение за науката изобщо и за Института и Хумболдтовата фондация в частност. Ще говоря първо за проблема за модата, както го виждаме тук в Института, после ще се спра върху уроците, които получаваме от историята на науката в по-голям мащаб от време, и накрая ще обсъдя въпроса за начина, по който бихме могли да опитахме малко по-разумно да се справяме с този проблем в бъдеще.

Винаги е било вярно, а сега повече от всякога, че разумният път за един млад учен с умерен талант е да следва господстващата мода. Всеки млад учен, който не е изключително надарен или няма изключителен късмет, е загрижен преди всичко да си намери работа и да се задържи на нея. За тази цел е нужно да работи професионално в такава област на науката, която е интересна по мнението на мандарините, контролиращи пазара на научната заетост. Научните проблеми, които мандарините намират за интересни, са, почти по дефиниция, модните проблеми. В днешно време научната заетост обикновено се контролира не от един мандарин, а от комитет на мандарини. Вероятността един комитет да се отклони от модата на деня е даже помалка, отколкото е за отделен учен. Няма нищо чудно, че младите учени, които се борят за собственото си оцеляване, се стремят да останат близо до отъпканите пътеки. Водещите научни институти предлагат сигурност и напредък на онези, които умело следват модата, и твърде малък шанс на онези, които не я следват.

В това отношение нашият Институт не прави никакво изключение. Когато за пръв път дойдох тук като гостуващ сътрудник преди тридесет и четири години, управляващият мандарин беше Робърт Опънхаймър. Той решаваше в кои области от физиката си заслужава да се работи. Неговите интереси винаги съвпадаха с най-последната мода. Бидейки тогава млад и амбициозен, аз му представих една бързо направена работа върху моден проблем, за което бях надлежно възнаграден със щатно назначение. Така стояха нещата в Института тогава, така стоят и сега. Тук някой, който познава историята на Института, може да ми възрази, че все пак Институтът е открил щатна длъжност и за Курт Гьодел. Това е така. Гьодел беше един от малкото безспорни гении на века ни, единственият от нашите колеги, който се разхождаше и разговаряше с Айнщайн като равен с равен. Гьодел работеше в дълбоко немодни области на математиката и с възрастта стана още по-немоден. Нашият институт с право може да се гордее, че разкри за него длъжност във факултета. Има само един факт, който хвърля сянка върху тази гордост. На Института му трябваша цели четиринадесет години, смятано от годината, когато той пристигна да живее и работи тук като обикновен сътрудник, за да направи Гьодел професор. Гьодел беше с толкова независим и бунтарски дух, че вероятно трябва да ни се отдаде заслуженото признание, задето изобщо го направихме професор - дори след четиринадесет години колебания. По-добре късно, отколкото никога.

В днешно време младите физици, които постъпват в Института като сътрудници, се намират под много по-голямо напрежение, отколкото бях аз преди тридесет години. Да спомена най-напред, че те най-често идват с финансови средства, осигурени от правителствени договори, които ги задължават да работят в определена област на науката за определен период от време. Ние не възприемаме прекалено буквално формулировките на тези договори. Ръководителите на Националната фондация за наука и на Министерството на енергетиката, които управляват тези договори, са разумни хора и ни позволяват да тълкуваме задълженията си с известна гъвкавост. Ако някои от нашите сътрудници по линия на договорите решат да работят в области, които нямат нищо общо с договорите, ние не сме задължени да ги връщаме в правия път. Хората, чиито интереси не съответстват на договорите, обикновено могат да получат поддръжка от институтските фондове. Но все пак договорите са сериозно ограничение. Те определят общата насока на работа, с която трябва активно да се занимават гостуващите сътрудници на физическия отдел в Института. Договорите определят кои насоки на изследвания във физиката се смятат за най-важни. Неминуемо хората, които

каним тук като сътрудници, се оказват такива, чиято работа приляга много добре на един или друг от договорите.

След тридесет години сега и аз съм един от мандарините. Опитвам се по неособено категоричен и настойчив начин да насърчавам младите физици да работят вън от модните области. Опитвам се да поддържам живота на няколко области на изследвания, които не се подкрепят от договорите. Опитвам се да държа открехната вратата в случай, че друг Курт Гьодел ще почука някой ден. Но трябва да призная, че усилията ми да задържа вълната на модата са горе-долу така резултатни, както усилията на моя знаменит предшественик крал Кънют** да задържи прилива на Атлантическия океан. В днешно време младите хора следват модата, принудени от фактори, които са значително по-силни от формулировката на договорите и авторитета на мандарините. Силите, които тласкат младите хора към модните занимания, са натискът от страна на преките научни ръководители и от самото вълнение от надпреварата. Те знаят къде стават главните действия и искат да са техни участници. Те знаят, че разполагат с твърде малко време, за да се докажат като учени. Те знаят, че техният най-добър шанс да постигнат нещо значително в отпуснатия им кратък срок е да тръгнат с тълпата и бързо да сграбчат научния плод, когато той е узрял за бране.

Това, че младите учени се стремят към бърз успех и бързо признание, само по себе си не е лошо. Съсредоточаването на техните усилия в тесни области на модна специализация не е непременно вредно. В крайна сметка модните проблеми стават такива не по прищявката на някой дизайнер на облекла, а защото значително мнозинство от учените преценява, че те са важни. Преценката на мнозинството, като правило, е надеждно обоснована. Модните области често са онези, в които се правят извънредно важни открития. Няма нищо лошо в това един млад учен да се втурва в такива области с надеждата да направи сензационно откритие. Действително, възбудата и радостите в ежедневието на Института много се подхранват от общността на изследванията в модни области. Когато човек работи в модна област, всеки малък успех и всеки мимолетен триумф може да се сподели с приятели край масата за обяд или на семинар. Без тази общност на интересите в модни проблеми, без това споделяне на новини и слухове животът ни тук би бил значително по-еднообразен.

Тогава защо съм неудовлетворен? Защо се мръщя на младите хора, когато правят това, което правех аз, когато бях на тяхната възраст? Мръщя се, защото не смятам, че модните занимания трябва да съставят сто процента от това, което вършим тук. Модното занимание е полезно, важно и вълнуващо. Можем да се гордеем, че нашите млади хора се занимават с модни неща и правят това добре. Можем да предполагаваме, че мнозинството от тях винаги ще предпочитат да се занимават с модна тематика по причини, които аз разбирам и уважавам. Казвам само, че тук трябва да осигурим място и за малцината, които не се занимават с модна тематика. Трябва да изнамираме и да насърчаваме рядко срещаните индивидуалисти, които не се вписват в доминиращата схема. Трябва малко да наклоним приемането на сътрудници към страната на неортодоксалните и неконвенционални личности. Ако ние тук не осигурим подслон и работа за работещите по немодна тематика, тогава кой ще направи това?

2. ДРЕВНА ИСТОРИЯ

Съществуват много видове немодна наука. Една основна трудност пред нейната поддръжка е проблемът за подбора. Немодната наука приема хиляди различни форми

без никаква обединяваща структура. Ще дам един пример. Миналата седмица минавах през парка Форестал на Принстънския университет и се натъкнах на двама студенти, които кротко седяха на поляната. Отначало помислих, че те просто се наслаждават на слънцето и тишината в августовския следобед, но когато се приближих, видях, че те работят с напрегната съсредоточеност и извършват деликатни манипулации, нуждаещи се от прецизност и спокойствие. Когато се приближих още повече, видях, че те старателно прикрепваха малки оловни тежести към гръбчетата на медоносни пчели. Наблюдавах ги безмълвно, докато свършиха, след което отидох заедно с тях при експерименталния кошер, който беше обзаведен с камери и видеозаписвачи. Те прецизираха и разширяваха класическите експерименти на Карл фон Фриш върху системата от танцови комуникации на пчелите. Те бяха установили, че пчелите танцуват по-енергично и по-точно, когато са намерили паша на значително разстояние от кошера. За съжаление повечето пчели намират паша в близост до кошера и при завръщане изпълняват само кратък и формален танц. Студентите искаха да наблюдават танца с по-голяма точност и за тази цел те бяха изнамерили начин да подлъжат пчелите да танцуват по-енергично. Пчелата, която е натоварена с четиридесет и пет милиграма олово, смята, че е извършила далечен полет, докато в действителност той е бил кратък. Тя измерва дължината на полета по усилието, което ѝ струва полетът. Затова пчелите, които носят товар, танцуват по-точно след всяка находка.

Това е типичен пример за немодна наука, правена на прага на самия Принстън. Не твърдя, че Институтът за Перспективни Изследвания трябва да издържа група по ентомология. Но примерът с експериментите върху пчели разкрива всички характерни особености, които правят немодната наука трудна за поддържане: малък мащаб, нестандартност на целите, специфичен стил на работа и определена липса на показна строгост.

За да поясня истинското и трайно значение на немодната наука, ще се обърна към областта, в която съм специалист, а именно математическата физика. Математическата физика е дисциплина на хората, които се опитват да постигнат дълбоко разбиране за физическите явления, като следват строгия стил и метод на чистата математика. Тази дисциплина стои на границата между физиката и математиката. Целта на математика-физик е не да пресмята явленията количествено, а да ги изясни качествено. Той работи с теореми и доказателства, а не с числа и компютри. Целта му е да изясни с математическа точност смисъла на понятията, върху които се изграждат физическите теории.

Математическата физика има три свойства, които я правят особено подходяща за настоящата дискусия. Първо, тя е важна. Тя създава основните идеи и речника за повечето приложни области на физиката. Второ, тя е бавна, като обикновено са ѝ нужни петдесет или сто години, за да развие една нова концепция от нейното възникване до плодотворното ѝ приложение. Трето, тя почти винаги е извън модата, тъй като ритмите ѝ са около десет пъти по-бавни от тези на научната мода. И защото не е модна, тя винаги е била по-високо ценена и повече поддържана в Европа, отколкото в Съединените щати.

Като пример за математик-физик, чиито работи са от огромно значение за развитието на физиката в днешно време, ще спомена името на Софус Ли. Той е починал преди осемдесет години, а забележителните му работи са от 1870-те и 1880-те години, но откритията му завладяха физиката на елементарните частици едва през последните

двадесет години. Ли пръв е разбрал и изразил в явен вид идеята, че законите на физиката имат групово-теоретичен произход. Почти сам построява огромната и красива теория на непрекъснатите групи, за която предвижда, че някога ще служи като фундамент на физиката. Сега, сто години по-късно, всички физици, които класифицират частиците в термините на нарушени и ненарушени симетрии, говорят, независимо дали осъзнават това или не, на езика на Софус Ли. Но докато е бил жив Софус Ли, неговите идеи са останали извън модата, малко са били разбрани от математиците, а физиците изобщо не са ги разбирали. Феликс Клайн е един от малцината водещи математици, които са го разбрали и са го поддържали.

Ли е бил от онези хора, чийто лош късмет е бил в излишък. Като младеж пътешествал из Франция, когато през 1870 г. избухва френско-пруската война. Като норвежец неговият френски език наподобявал пруски акцент. Патриотичните граждани на Фонтенбло решили, че той е пруски шпионин и го хвърлили в затвора. Междувременно Франция загубва войната и там нещата стават хаотични. Ли си седял кротко в килията и разработвал новите си математически открития, когато неговите френски приятели най-после го намерили и успели да го освободят. В историята на математиката от Рауз Бол, излязла към началото на 20 в., разказът за работите на Ли завършва с меланхоличните думи: “Ли бил разочарован от липсата на разбиране за значението на неговите резултати ... Той размишлявал върху несправедливото пренебрежение спрямо миналото и това силно помрачило последното десетилетие от живота му.”

Друг гений на математическата физика, който приживе е бил извън модата даже повече и от Софус Ли, е Херман Грасман. Като гимназиален учител в Щетин той през 1844 г. публикува труд, озаглавен *Die Lineale Ausdehnungslehre* (Учение за линейната протяжност), в който за пръв път са въведени фундаменталните понятия вектор, векторно пространство и антикомутативна алгебра. Всичките тези представи са от централно значение за физиката на двадесети век, но не и за физиката на деветнадесети век. През своето столетие Грасман остава неизвестен преподавател в Щетин, непризнат от академичните мандарини на своето време. Той обаче се оказал с по-жилав характер от Софус Ли. Вместо да размишлява пасивно за липсата на признание сред математиците, Грасман се залавя с изучаването на санскрит и става известен като преводач на Риг-Веда на немски език. Както изглежда, ако съдбата ти е да бъдеш непризнат математически гений, по-здравословно е да изкарваш хляба си като гимназиален учител, отколкото да бъдеш университетски професор.

Докато подготвях бележките си за тази среща, аз отидох в институтската библиотека и се зарадвах, когато намерих копие от *Ausdehnungslehre*, публикувано през 1878 г., на титулната страница на което с молив беше написано името на Херман Минковски - учител на Айнщайн и първият измежду математиците, разбрали теорията на относителността. Допускам, че това копие е дошло до нас през ръцете на Херман Вайл, който е бил приятел на Минковски и, когато е бил създаден Институтът, е отговарял за снабдяването на нашата библиотека с книги. Изданието от 1878 г. е с предговор на Грасман, който все още е в Щетин и изразява надеждата, че новото издание ще намери по-голямо признание от научната общност, отколкото е получило първото издание преди тридесет и четири години. В края на предговора има бележка под черта, гласяща: “Авторът почина, докато книгата беше под печат”. Едва през 1890 г. Феликс Клайн, неизменно великодушен защитник на немодните каузи, прави всичко за официалното признаване на Грасман и за публикуването на събраните му трудове.

Един по-неотдавнашен пример за голямо откритие в математическата физика е идеята за калибровъчно поле, формулирана от самия Херман Вайл през 1918 г. На тази идея й трябваша само петдесет години, за да намери своето място като основно понятие в съвременната физика на елементарните частици. Историята на откритието на Вайл не прилича на историите на групите на Ли и на Грасмановите алгебри. Вайл не е бил нито неизвестен, нито непризнат, а през 1918 г. е работел върху най-модната област във физиката - новородената обща теория на относителността. Той изобретява калибровъчните полета като решение на модния проблем за обединяването на гравитацията с електромагнетизма. За няколко месеца калибровъчните полета са на върха на модата. След това Вайл и други откриват, че тези полета не дават това, което се очаква от тях. В действителност те се оказват безполезни за целта, заради която Вайл ги изобретява. Калибровъчните полета бързо излизат от мода и са почти забравени. Но след това постепенно, в продължение на петдесет години, става ясно, че калибровъчните полета са полезни в различен контекст. Решаващата крачка за реабилитацията на калибровъчните полета е направена от колега от нашия Институт, Франк Янг, заедно с един от неговите студенти, Боб Милс, през 1954 г., една година преди смъртта на Херман Вайл. Няма сведения дали Вайл е узнал или е проявил интерес към това, което Янг и Милс бяха направили с неговата духовна рожба.

Историята на калибровъчните полета е изпълнена с ирония. Модна идея, създадена заради цел, която се оказва илюзорна, оцелява в дълъг период на забрава и накрая се възражда като крайъгълен камък на физиката. Подобни иронии не са необикновени в дългата история на теоретичната физика. Друг пример е диференциалната геометрия, изобретена от Гаус като страничен продукт от работата му върху практически проблеми на геодезията и картографията, трансформирана от гения на Риман в нов свят на абстрактна общност и накрая петдесет години по-късно превърната в концептуална основа на Айнщайновата теория на гравитацията. Общото между тези примери е продължителният период от време, обикновено по-дълъг от един човешки живот, между началото и края, както и съвършено непредсказуемият характер на крайния резултат. В нито един от тези случаи създателят на възловото понятие не е имал и най-малката представа за физическия контекст, в който неговото изобретение би намерило своята реализация.

Приведох достатъчно примери в потвърждение на моята теза, че немодните хора и немодните идеи често са играли решаваща роля за напредъка на науката. Време е вече да се обърне към настоящето и бъдещето. Не виждам никаква причина логиката на развитие на научните идеи в бъдеще да бъде по-различна от това, което е било в миналото. Трябва да очакваме, че немодните идеи ще добиват значение също толкова често и в бъдеще, както е било досега, и също след дълги периоди на преосмисляне и в неадекватен контекст. Проблемът пред нас като ангели-хранители на научния прогрес е как да различим плодотворната немодна идея и как да ѝ окажем поддръжка.

3. ЧУДОВИЩЕТО И УРОЦИТЕ ОТ НЕГО

За начало можем да се огледаме наоколо в света на математиката и да видим дали можем да различим немодни идеи, които по-късно биха се оказали съществени строителни елементи в сградата на физиката от 21 век. Ако имаме късмет, можем да открием някои добри кандидати за бъдещо величие. Но не можем да очакваме, че, докато сме живи, ще узнаем дали изборът ни е правилен.

Пазители на математическата ортодоксалност през този век са от математическата общност, пишеща под колективния френски псевдоним Н. Бурбаки. Грубо казано немодната математика се състои от онези раздели на математиката, които мандарините от Бурбаки са обявили, че не са математика. Към тази категория спадат редица красиви математически открития. Според Бурбаки, за да представлява математика, една идея трябва да е обща, абстрактна, съгласувана и свързана по ясен логически начин с останалата математика. Вън от математиката, според Бурбаки, са частните факти, конкретните обекти, които съществуват по неустановени причини, изобщо нещата, които един математик би нарекъл случайни или спорадични. Немодната математика се интересува главно от неща със случайна красота, специални функции, частни числови полета, изключителни алгебри, спорадични крайни групи. Именно между тези неорганизирани и недисциплинирани части на математиката аз бих ви препоръчал да търсите следващата революция във физиката. Те имат чертите на странност и неочакваност. Те не могат лесно да се вградят в гладките логически структури на Бурбаки. Именно по тази причина ние трябва грижливо да ги пазим и отглеждаме, помнейки думите на Франсис Бейкън, които нашият директор Хари Улф избра като девиз за празненството на Института по случай стогодишнината от рождението на Айнщайн: “Няма такава съвършена красота, която да не е с някакво своеобразие на пропорциите”.

Като пример за своеобразие на пропорциите ще поговоря кратко за спорадичните крайни групи. Тяхната история започва с френския математик Емил Матйю, който открива първата през 1861 г., а втората през 1873 г. Както обикновено става в подобни случаи, Матйю не е знаел, че е открил спорадични групи. Думата “група” не се появява в заглавията на неговите статии. Но той е знаел, че е открил нещо красиво и важно. Използвайки езика на геометрията, можем да кажем, че той е открил, че в дванадесетмерни и в двадесет и четиримерни пространства съществуват структури с особена симетрия, които не възникват в никое друго пространство с различна размерност. Откритието му е публикувано, но остава извън модата в продължение на сто години. Било е, както обичат да се изразяват ортодоксалните математици, изолиран куриоз.

Близо седемдесет и пет години по-късно групите на Матйю се оказват интересни за практиката на кодирането. Всяка група на Матйю образува базис за създаването на уникален по своята ефикасност код за коригиране на грешки. Това приложно значение на групите на Матйю с нищо не ги издига в очите на математиците, чиито вкусове са формирани от Бурбаки. После, доста неочаквано, през последните двадесет години различни математици, работещи с различни методи, откриха великолепна поредица от нови спорадични групи. Някои от тях бяха открити като развитие на идеите на Матйю, други - при изследването на подчертано немодния проблем за възможно най-плътната опаковка на 24-мерни билиардни топки в 24-мерно евклидово пространство, трети - чрез изучаване на пермутации и комбинации с помощта на мощни компютри.

Единственото общо нещо между тези различни открития е това, че те са конкретни, емпирични, експериментални и случайни - пълна противоположност на духа на Бурбаки. Бяха открити общо двадесет и пет спорадични групи, включително и тези на Матйю. Междувременно братството на професионалните групови теоретици, използвайки по-общи и абстрактни методи, успяха да докажат, че пълният брой на спорадичните групи не може да е по-голям от двадесет и шест. Така преди две години стигнахме до положението, че оставаше да се открие само още една спорадична група.

Известно беше, че тази последна група, ако съществува, би била най-голямата и най-красивата от всички. Хората, които я търсеха, ѝ бяха дали прозвищата “Чудовище” и “Добрият великан”.

Краят на тази история дойде миналата година, когато Боб Грийс, който беше на посещение в Института от Мичиганския университет, намери начин да построи Чудовището. Точно вчера получих от Мичиган последния вариант на дълга статия, съдържаща ясно и изчерпателно описание на резултатите. Чудовището вече е открито в цялото му великолепие пред онези, които си дадат труда да вникнат в детайлите на конструкцията на Боб Грийс. Това е последната и най-голямата от спорадичните групи. Тя е вечна, уникална и непоклатима - паметник, по-траен и от бронзова скулптура.

Какво общо има това с физиката? Може би, нищо. Може би, спорадичните групи са просто приятно вирче в историята на математиката, любопитен малък епизод, отдалечен от бързото течение на прогреса. Досега не сме забелязали и най-слабия намек, че симетриите на физическия свят са по някакъв начин свързани със симетриите на спорадичните групи. Доколкото знаем, физическият свят би изглеждал и функционира по един и същ начин - независимо дали съществуват или не спорадичните групи. Но не би трябвало да сме прекалено уверени, че не съществува никаква връзка. Отсъствието на доказателство не е същото като доказателство за отсъствие. В историята на физиката са ставали и по-странни неща от неочакваната поява на спорадичните групи. Трябва винаги да сме готови за изненади. Имам плахата надежда, неподкрепена от никакви факти или свидетелства, че някога през 21 век физиците ще се натъкнат на Чудовищната група, вградена по някакъв неочакван начин в структурата на Вселената. Това е само предположение. Единственият мой аргумент в негова подкрепа е теологичен. Имаме убедителни доказателства, че творецът на Вселената обича симетрията, а ако е така, каква по-красива симетрия би могъл да намери той от симетрията на Чудовището?

Спорадичните групи са само един пример от съкровищницата на странни и чудесни понятия, създадени от немодната математика. Бих могъл да назова още много други. Можете ли да си представите правилен многостен, тяло, съставено от идеално симетрични клетки, наредени в идеално симетрична структура, притежаваща общо единадесет стени? Миналата година я откри мой приятел Доналд Коксър от Торонто. Възможно ли е нулите на дзета-функцията, чиито свойства са предположени от Риман преди сто и двадесет години и все още остават една от централните загадки на математиката, да се окажат свързани с физическия свят? Миналата година Ендрю Одлизко, математик от лабораториите Бел, работейки с компютър Крей, установи някои нови и неочаквани свойства на нулите на дзета-функцията. Възможно ли е теоремата за непълнота на Курт Гьодел, според която в чистата математика съществуват въпроси, на които никоя крайна съвкупност от аксиоми и правила за извод не може да отговори, някога да ни даде по-дълбоко разбиране за границите на нашите знания за физическия свят? Когато човек надниква в царството на идеите, винаги открива намеци за някакви предстоящи открития, чува шепота на скрити връзки.

Време е да свършвам и затова преминавам към обещанието си да дам някои практически препоръки относно поддръжката на науката. Говоря както за нашия Институт за перспективни изследвания, така и за Хумболдтовата фондация. Наше задължение и наша привилегия като независими организации е да бъдем по-малко късогледни от нашите правителства. Ние трябва да виждаме по-далечните перспективи в

науката, отколкото това е възможно за политиците или аспирантите. На какво ни учи по-далечната перспектива в науката? Каква поука можем да извлечем от различните истории, които разказах? Поуката е проста. Трябва да обръщаме повече внимание и да оказваме повече съдействие на немодните изследвания. Във всеки конкретен момент от историята на науката най-важните и най-плодоносните идеи често остават незабелязани просто защото са извън модата. Специално в математическата физика обикновено има изоставане от петдесет или сто години между възникването на една нова идея и нейното включване в главния поток на научната мисъл. Ако това е времевият мащаб на фундаменталния напредък, от това следва, че всеки, който прави фундаментални изследвания в математическата физика, почти със сигурност е вън от модата.

Не би трябвало да престанем да подкрепяме модните изследвания, които дават на повечето млади учени заетост и удовлетвореност. Но би трябвало да отделяме една част от нашите ресурси, да речем, една десета или дори една четвърт за поддръжка на немодни хора, занимаващи се с немодни неща. Не трябва да се боим, че ще изглеждаме глупави или дори смахнати. Не трябва да се страхуваме да поддържаме рисковани начинания, които могат напълно да се провалят. След като сме независими, ние имаме правото да поемаме рискове и да правим грешки. Организацияте, които подкрепят само изследвания, в които няма риск и няма възможности за грешки, на края ще поддържат само посредствеността. Ако продължим разумно и безстрашно да поддържаме немодни хора, правещи неща, които ортодоксалното мнение намира за маловажни или налудничави, има добър шанс да спасим за науката някой друг Софус Ли или Херман Грасман - хората, чиито идеи ще останат прочути, дълго след като са забравени нашите вълнения, свързани със съвременната мода.

Превод: Михаил Бушев

(Freeman Dyson, *From Eros to Gaia*, Ch. 14. *Unfashionable Pursuits*, Pantheon Books, New York, 1992)

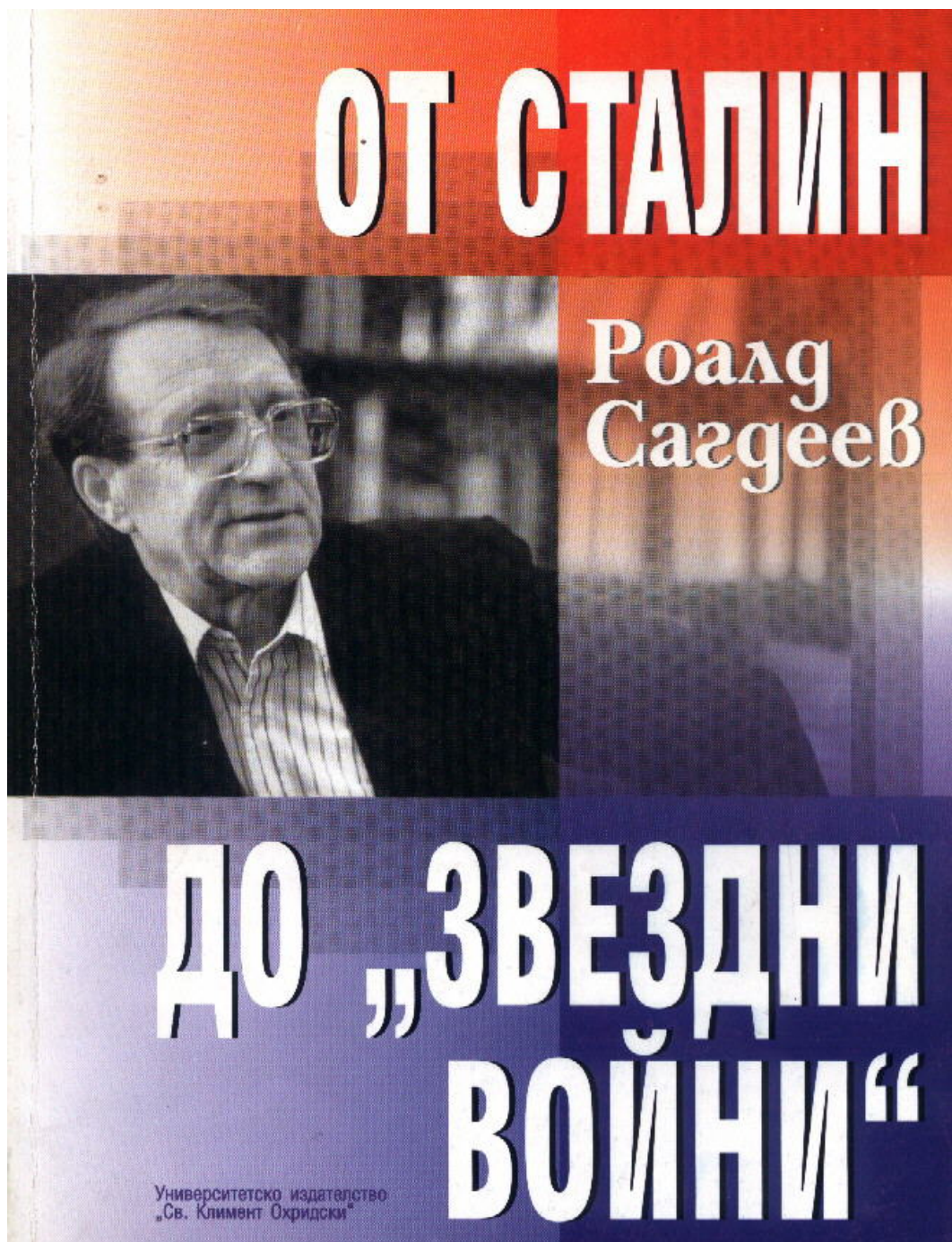
* За Фр. Дайсън вж. "Четиво с продължение" в *СФ* - 1/1997. - *Бел.прев.*

** Крал на Англия от 1016 г. до 1035 г. и на Дания от 1018 г. до 1035 г. - *Бел. прев.*

УЧЕНИЯТ В МРЕЖАТА НА КОНФОРМИЗМА

*"Учен е не този, който просто
извършва научни изследвания, а
този, който НЕ МОЖЕ да не
извършва научни изследвания"*

П. Капица (в писмо до Сталин)



Под заглавие "От Сталин до звездни войни" Университетското издателство "Св. Климент Охридски" (София, 2001 г.; превод от английски Мая Пенчева) пусна на книжния пазар книгата на известния в близкото минало съветски учен академик Роалд Сагдеев. Преди 5 - 6 години бях чел оригинала "The Making of a Soviet Scientist. My Adventures in Nuclear Fusion and Space from Stalin to Star Wars" (John Wiley & Sons. Inc., 1994), изпратена ми, още топла-топла, от американски колега, впечатлен от прочетеното. За разлика от него, тогава аз останах със смесени чувства, разколебан и с разнопосочни мисли. Сега, препрочитайки книгата, искам да си изясня тогавашните чувства, да ги обоснова и да ги споделя.

(Не бих желал да се отклонявам и да се занимавам с техническите и формални проблеми на издадената книга, а не е и прилично един аматьор в езика да се изказва за превода на специалист, какъвто е доц. Мая Пенчева. Но книгата бърка от - като се почне от неприемливи транскрипции на известни (и утвърдени у нас) имена, на терминологични несъответствия и така нататък до физически абсурди - ще бъде досадно да ги изброяваме. Явно книгата не е попадала в ръцете на редактор специалист-физик. А такива зам.-ректорката на университета има достатъчно под ръка ...)

В краткия си предговор Карл Сейгън характеризира автора като *"един изключителен човек в една изключителна кариера"*. Безспорно. Татарин по националност (*"най-известния татарин след Чингиз Хан"*, както го представя Арцимович), кръстен от родителите си - от местната партийна номенклатура, на името на норвежкия полярен изследовател Амундсен, Роалд Зинурович Сагдеев (роден през 1932 г.), прекарва детството си и завършва средното си образование в г. Казан - столицата на т.нар. Татарска автономна съветска социалистическа република, - със златен медал и значителен комсомолски актив. Постъпва (през 1950 г.) във Физическия факултет на Московския университет, който завършва през 1956 г., като доброволно полага прословутия Ландаувски минимум по теоретична физика при кумира си - самия Лев Давидович. Дипломната си работа прави в ... Арзамас-16 (където по това време е кулминацията на създаването на серията свръхмощни съветски водородни бомби!!!) под ръководството на един от близките сътрудници на академик Сахаров - проф. Давид Франк-Каменецки (за чиято дъщеря се оженва по-късно). Както сам казва, той е *"от първото поколение студенти, въведени в самото сърце на съветската ядрена програма, които по-късно ще поемат факела на ядрената наука, пламъка на ядрените знания в свои ръце"*. Успява, след ходатайство на Ландау, да се освободи от "задължително разпределение" в Челябинск, в юго-източен Урал, и е назначен в секретната Лаборатория за измервателни прибори в Москва (известния днес Институт "Курчатов"), където чиракува при академиците М. Леонтович и Л. Арцимович в изследвания по многообещаващата област на управляемия термоядрен синтез (до 1961 г.). Примамен от акад. А. Будкер, той се премества в далечния Новосибирски институт по ядрена физика (до 1970 г.), след това - три години в Института по високи температури, където са М. Шафранов, Е. Велихов, А. Веденов и Б. Кадомцев; от 1973 г. до 1988 г. е директор на Института за космични изследвания, където работят учени като Й. Шкловски. Към края на 80-те години се оженва за Сюзън Айзенхауер, внучката на бившият американски президент и се преселва в САЩ, където е професор в Мерилендския университет и където пише спомените си.

Научните приноси на Сагдеев в областта на физиката на плазмата - откриването на безстълкнователните ударни вълни, неустойчивостта на плазмата и преносните процеси

в тях, теорията на магнитните уловки в термоядрените инсталации, го издигат - напълно справедливо, в първите редици на световните специалисти в областта на теорията на плазмата и управляемия термоядрен синтез. И затова напълно заслужени са и получените признания и награди, както и възходът му в научната и административна йерархия: доктор на физическите науки през 1962 г., член-кореспондент на АН на СССР през 1964 г. и академик - през 1968 г. (на 36-годишна възраст). По-късно е назначен за зам.-председател на Отделението за обща физика и астрономия на АН на СССР, през 1986 г. е удостоен със Златна Звезда на Герой на Съветския Съюз, а през 1989 г. е избран за депутат в Конгреса на народните депутати (заедно със Сахаров от квотата на АН).

Пионерско детство и комсомолска младост, за която може да си спомняме с умиление или със снизхождение; обучението в реномирания Московски Държавен Университет - *"превзет от второразрядни учени"*, срещу които обаче се опълчва новото следвоенно поколение студенти; задължителните идеологични дисциплини и военни курсове; втълпяването на *"световните приоритети на руските учени"*; *"мистичния подход към новите технологии"* - *"цялата страна се обучаваше в псевдонаука"*, обобщава Сагдеев.

Търсенето на политически дивиденди е водещ мотив в научната политика на страната. Рекордоманията и гигантоманията, както и прякото партийно опекунство - като ръководни лостове при нейното управление. *"Науката беше само заложник на висшата политика, на игрите на правителството и на партийните ръководители в коридорите на властта"*, констатира Сагдеев. Проблемите се решават *"от най-високо място"* - членове на Политбюро, партийни кланове и босове и далеч не винаги са обосновани от обективна научна необходимост, а са налагани от идеологически, политически, конюнктурни или паранаучни подбуди. Военно-промишленият комплекс е доминиращ при определяне на съветската научна политика. Фантастичните суми, които се споменават, влирани в различни псевдонаучно обосновани проекти. Космично-промишления комплекс - черна дупка, която засмуква по-голямата част от националните ресурси ... След като космическата научна програма е наречена *"селища на Потъмкин в орбита"*, а международното космическо сътрудничество - украса във витрината на съветската космическа програма, раздаването на билети за участието на *"братските социалистически страни"* в космическите полети се превръща в лично хоби на Леонид Илич ...

Нахвърлям тези констатации на Роалд Сагдеев мимоходом само за да напомня атмосферата, в която се създаваше науката тогава в Съветския Съюз. И ако това възкресява спомени за нещата у нас - значи паметта не е къса ... Впрочем, в книгата участието на България и приносът ѝ в космичните изследвания е споменато мимоходом веднъж, но за сметка на това ние си спомняме как у нас възникнаха мегакосмическите институти и никнеха плеядата академици, член-кореспонденти и др. подобни *"научни колоси"*, които и до ден днешен *"развиват"* дейност в отломките на тези институти ...

Та става дума за възможностите за правене на наука - става дума за истинска, стойностна наука, при подобни, да кажем по-добре, въпреки такива условия.

Даже да не говорим за развенчаването на много легендарни имена и митологизирани личности - неудобно е даже да ги споменаваме – Келдиш, Марчук, Александров, Челомей, Трапезников ... да не ги изброяваме всичките. Но, като си помисли човек, само на какъв натиск и на какви унижения са били подложени такива творци и

личности. Съпротивлението срещу режима се превръща не само в опасна, но и в интелектуално сложна задача. Сделки със съвестта, които са били принудени да правят, често ги оплитат здравата в мрежите на конформизма и опортюнизма, където моралното изпепеляване е по-вероятно от измъкването ... Докато се стигне до: *"Ние бяхме всъщност политическите проститутки на съветската държава"*, казани от Сагдеев във връзка с поведението им на една международна конференция.

Като си спомним моралните гърчения на първия учител на Сагдеев, големия физик Михаил Леонтович, *"който обаче не прекрачи невидимата граница, която разделя смелото (но "все пак нормално") поведение на "дисидентството"*, през политическото жонгльорство на Лев Арцимович, "хватките" на Херш Ицкович (наричан "Андрей Михайлович") Будкер при изграждането и запазването на Новосибирския институт, коленичил до *"Когато не можем да променим климата генерално, да се концентрираме върху създаването на по-добър местен климат"*. Да, но по-добрият местен климат не успява да спаси от западането рожбата на Никита Сергеевич - Академгородок. Не искам и да си спомня за драматичната съдба и мъките на Капица-Кентавър, окован в *"истинската му вяра в идеите на комунизма"*, в титаничните му усилия да помогне където може с осъзнат риск за собствената си съдба, в трагичните последни години на старческа слабост, самота и "алхимични" усилия ... Или за тъжния край на *"Моцарта на теоретичната физика, Ландау"* ...

Ако в провинциалната гимназия Роалд успява да отклони предлаганото му комсомолско секретарство, да се измъкне от подписването на писмото на академиците, заклеяващи Сахаров, да се увърта при избора на Гурий Марчук за председател на Академията на Науките, през 1976 г. академик Сагдеев склонява да стане член на комунистическата партия. *"Съпротивлявах се. Но подобна съпротива, до известна степен, имаше и в сърцата и отношението на много хора, особено сред интелигенцията. Това беше в контраст с поведението на голяма група хора, които активно се стремяха да влязат в партията. Нашето общество беше произвело една нова порода хора - хора, които от ранна възраст знаеха, че бъдещата им кариера зависи както от общественото им положение, така и от политическата им активност"* - обяснява той. И по-нататък: *"Не мога да се оправдая или да си простя факта, че се поддадох и влязох в партията, чудовищната суперструктура, изградена да поддържа стабилността на управляващия елит"*. Все пак, ще си позволя да отбележа, че влизането му в комунистическата партия става през 1976 г. - след потушаването на въстанието в Будапеща и Пражката пролет, след утвърждаващото се руско дисидентско движение, една година след удостояването на Сахаров с Нобелова награда за мир! А обясненията му са *a posteriori*, от вилата му в Мериленд ...

Всъщност акад. Сагдеев и цяла плеяда учени и интелектуалци от неговото поколение са *"деца от епохата на XX Конгрес на КПСС"*, както той сам казва. Увлечени от идеите за "преустройство", (Горбачов му е състудент от правния факултет на МУ), близък на интелектуалните дисиденти в Кремъл и на архитектите на тези усилия - Яковлев, Арбатов, Примаков, Велихов, той се оправдава с *"нашият ранен романтизъм и наивни надежди да променим системата, без твърдо да я отречем"*. *"Ние всички бяхме продукти на епохата и тази епоха не беше почнала още решително да се променя"; " ... аз, заедно с другите умерени съмишленици, бяхме за действия в рамките на системата, избягвайки отчуждението от правителството и властите. Може би подсъзнателно просто не бяхме готови да жертваме привилегиите, дадени ни от системата - възможността да правим наука и да се радваме на някои добре*

премерени порции пътувания в чужбина. Ние смятахме, че изразът на нашата тревога в писма или в речи на академични форуми в края на краищата ще може да доведе до крайния резултат. Властите играеха срещу нашата умерена вътрешна опозиция с моркова и тоягата - и те знаеха, че ние не обичаме много тоягата". Вярно е, че под сурдинка признава "истинската смелост в борбата срещу тоталитарния режим и начин на мислене беше показана от малка група други хора: Андрей Сахаров, Юри Орлов и техните приятели. (...) Те бяха изгорили мостовете си към системата и открито бяха обявили неподчинението си - дори морална гражданска война. Винаги съм изпитвал възхищение към хора, способни на такъв героизъм и саможертва. Но повечето от нас по това време смятахме такива личности за донкихотовци."

Интелигенцията, която в Русия винаги е претендирала с особената си роля, всъщност е пострадала невъобразимо от това, което става със страната през дългите съветски десетилетия. Но тя е отговорна за това. И е платила за това. Дейците на съветската култура и наука съвсем не са били само невинни страдащи жертви на режима. Наистина, интелектуалци по произход са били голяма част от партийните ръководители. Още през 30-те години става модерно обичайният занаят на децата на партийните функционери да бъде от интелектуалните професии. Интелигенцията се е присъединила към властта и се превръща в привилегирована част от обществото и ползва предимства и привилегии, близки до тези на военната и партийна върхушка. Разбира се, това присъединяване не е само от страх. Едни са правили този избор от искрена заблуда, други избирали от двете злини по-малката, трети са се ръководили от вярата си в утопията - вечното изкушение на интелектуалците.

Всъщност, такава е атмосферата, условията и възможностите за правене на наука в тоталитарните общества, разбира се, със своите специфични особености. Да си спомним драматичната съдба на великия Макс Планк, начело на немската Академия на науките след идването на власт на националсоциалистите в Германия или на гениалния Вернер Хайзенберг, начело на атомния проект на Великия Райх по време на втората световна война ... Всъщност, колкото епохата моделира хората, толкова и личностите в нея слагат своя отпечатък върху своето време. Не можем да избегнем съдбата си, както не можем да избираме родителите си, но не можем да се отървем и от своята отговорност, както от сянката си.

Разказът на Сагдеев стига до началото на 90-те години, когато "военнопромишленият комплекс вече беше демонстрирал, че ще надживее системата, която го създаде, обаче съветската наука нямаше такъв късмет. Тъканта на интелектуалния живот в бившия Съветски съюз беше до голяма степен разрушена под срутващите се развалини на стария строй". И така, от правенето на наука в тоталитарен режим достигахме до хала ни по време на прехода. Засега се оправяме кой как може - да се ожениш на Запад (и след Айзенхауер има президенти с внучки!), да се приспособиш на място, ако можеш, а ако не можеш - да си ближеш раните, като мен ... (без да твърдя, че това е решение). Но това е друга опера.

Не дай Боже, този "книгопис" да се схваща като осъждане или оправдание на поведението и дейността на големи творци: ние от миманса към примите от научната сцена на втората половина на XX век! Става дума за опит за разбиране, осмисляне и обяснение на една действителност, в провинциалните периферии на които бяхме захвърлени и ние. Животът може да се разбере само като се погледне назад. Разбира се, проблемът е, че трябва да се върви напред ...

Маркирах малко по-подробно жизнената и научна траектория на Роалд Сагдеев, за да подчертая пространствено-времевите параметри, в които се развиват събитията: около нас и по наше време. Нека веднага подчертаем: Книгата е писана от личност със собствен поглед и възгледи, затова със субективни, но искрени преценки. Разбира се, има много оценки, характеристики и интерпретации на събития, които, най-малко са дискуссионни. Повечето от нас са чели и знаят (и значително повече, отколкото се описва в книгата) за много от хората, за които се разказва в нея; други са виждали и слушали някои от тях; а има и щастливци, които са работили под тяхно или на техни ученици ръководство ... А събитията, които се описват, ние сме ги съпреживели, разбира се, в мащабно силно трансформирана обстановка и специфично по нашенски ароматизирана атмосфера. Явно книгата е писана за "западния" читател. И той ще намери в нея много нови, интересни, необичайни и даже непонятни истории, факти, характеристики, оценки и съждения; не малко действителни епизоди звучат гротескно ... (Така и не успях да установя има ли книгата руско издание?). Във всеки случай на по-възрастното поколение (все се опитвам да заобиколя определението "старо" ...) книгата ще припомни, а на младите - ще разкаже, - за много интересни и вълнуващи събития и знаменити личности, всред които сме поминували. За българския читател обаче, четенето на книгата поражда асоциации и размисли и от друг характер. Поне за мен беше така. Може би, така дяволът чете евангелието ...

Нъшан Ахабабян

УНИВЕРСИТЕТЪТ, ХВАНАТ В КАПАН

Гжегаж Филип, Полша

Широкото разпространяване на висшето образование, което съвпадна с масовизирането на културата, поставя полския университет в нова ситуация. Досега той бе, или поне искаше да бъде, институция на високата култура, поела мисията да образова елита. Академичните идеали бяха далеч от комерсиалното мислене, а университетската автономия бе всеобщо призната ценност. Днес в някои среди всичко това вече не е толкова очевидно. Смята се, че университетът трябва да се нагоди към промените в културата, че тези промени ще бъдат наложени от глобализацията. А какво става с идеята за образования човек - умната, мислеща, творческа личност? Понякога, изглежда, става дума само да се произвеждат специалисти, които да печелят добре. Подобна програма би била минималистична.

Висшето училище като част от пазара

Убеждението, че университетът трябва по-скоро да остане институция с дългосрочна мисия за образование на елита, а не да се превърне в дом за услуги, реагиращ на променливите изисквания на пазара, е доста разпространено в научните среди. Практиката обаче се различава от тези принципи. Висшите училища се надпреварват да откриват модерни специалности, медиите се радват на непрестанно увеличаващия се брой студенти и затвърждават схващането, че студентът имал право да се държи като клиент: да плаща и да изисква. Пропагандира се стереотипът на студента-бизнесмен, който избира специалността и начина на следване, като се ръководи от изчисляването на печалбите и загубите.

Някои смятат, че е възможно да се съчетаят двете сфери, че на културната мисия не пречат пропазарната нагласа, масовостта на образованието, работата на професорите на няколко места. Не всички обаче си дават сметка, че изборът, за който говорят, все повече се превръща в избор между високата и ниската култура.

Традиционният университет е институция на високата култура. И продължава да бъде такава въпреки всеобщия от няколко години спад в културното равнище и в обичаите както на даващите, така и на получаващите образование. Пазарният университет ще се превърне в институция на масовата култура, в която основните духовни и цивилизационни задачи ще бъдат подчинени на успеха, модата, преходността.

Натискът на обкръжението

Казват, че днес се е увеличила диференциацията на обществените очаквания към висшето образование. И затова университетът трябва да отговаря на тези очаквания, да се нагажда към тях, да променя офертата си успоредно с промяната на очакванията. Това е търговско, не академично мислене. В дискусията за съвременното място на университета се появява лозунгът за подчиняване на висшето училище на обществения контекст. Някои смятат, че понятието за академична автономия, разбираана досега най-общо като свобода на изследователската работа и на преподаването, трябва да придобие по-практична насоченост.

Всички, които пишат по академични въпроси, са съгласни, струва ми се, че университетът трябва разумно да си сътрудничи с обкръжаващата го среда. Колкото по-внимателно се вслушва в своето време, толкова по-важни са извършваните в него изследвания и толкова по-добри са неговите дипломанти. Но всъщност днес за университета най-важното е не да се подчинява на диктата на пазара, а напротив - да се противопоставя на този натиск. Защото под красиво звучащия лозунг за сътрудничество на университета с обществената среда се крие опасността от комерсиализирането му и от загуба на всичко онова, което в него е свързано с високата култура.

Зараждащата се тенденция да се реагира срещу възприемането на университета като производствено предприятие, работещо за нуждите на пазара, се прояви и на последната световна конференция на International Network for Quality Assurance in Higher Education, организация, която обединява институции, занимаващи се с качеството на университетското образование в отделните страни. На тази среща бе подчертано, че образованието в дух на доверие към университета и неговите традиционни ценности, а не под натиска на пазара създава специалисти, които са полезни в професионалната практика. Подчертано бе, че автономните училища дават по-добро образование от тези, които се поддават на натиска на работодателите и студентите.

Академична преоценка

Виждам връзката на университета с обкръжаващата го обществена среда не като натиск, оказван върху него от средата, в която той съществува, а като културна мисия на университета спрямо обкръжението. Ако във формирането на тази мисия се оставим на променливите влияния на пазара, ако разчитаме на разнородните, често противоположни интереси на отделните организации и групи, ако към студентите се отнасяме като към консуматори, университетът би се превърнал в поредния супермаркет.

Постулатите за увеличаване на влиянието на социалните партньори върху висшето училище могат да се приемат по отношение на професионалните училища. В този случай наистина обкръжението може до някаква степен да решава какво и как да се учи, кой да го прави. Може да се смята, че по-голямата част от този въпрос ще реши пазарът на труда, като отдаде предпочитание на едни или други специалисти. Опасни ми се струват обаче опитите да се налагат и на университетите приетите за професионалните училища стандарти. Макар че и професионалните училища не бих оставил без бой в ноктите на грубия професионализъм и плоската практичност. Днес абсолвентите на висшите професионални училища, каквито са политехниките, икономическите университети, медицинските и селскостопански академии, са в голямата си част варвари в областта на културата, а не образована интелигенция. Наблягането на съвършенството и професионализма е предизвикало в техния случай объркване в йерархията на ценностите.

Отживелица от съвременността

По друг начин поставя въпроса за новото положение на университета постмодернистичната мисъл. Според нея съвременният университет, дело на немските идеалисти, днес губел значение. Досега идейно рамо на националната държава, той е

подпомагал нейната култура и нейните институции, действал е на основата на договор между знанието и властта. Днес, пред глобализацията и намаляването на значението на националната държава, залязвал “културният проект на съвременността”, част от който е и университетът. Не било ясно тогава какво място да си намери в културата и обществото.

Националната идентичност преставала да бъде социален свързващ материал, така че нейното създаване и поддържане, което било роля на университета, преставало да бъде важна задача.

Съгласно този начин на мислене университетът трябва да търси нова идея, нов смисъл на съществуването си, нова идентичност. Всичко сочи, че това ще бъде познатата ни от действителността на американските висши училища идея за съвършенството, зад която стоят идеалите на най-широкото, най-доброто, най-бързо получавано знание, полезно и най-добре продаващото се. Вероятно университетът ще се превърне в образователно предприятие, което бързо, евтино и ефикасно да образова специалисти.

Мисля, че е твърде прибързано да се чертае толкова песимистична картина. Може обаче да се изкушим да опитаме да намерим идея, с която университетът да влезе в новото време. Впрочем може би такива идеи съществуват отдавна и съвсем не са се изхабили. Идеите за знанието, истината, мъдростта, за образования човек ...

Да не отхвърляме традицията на университетската автономия, за да приспособим училището към актуалните насоки в икономиката, политиката, модните течения във философията или масовата култура. Университетът е преживял вече многократно промени на тези тенденции, той е дълготрайна институция, което не значи, че не бива в нищо да се променя.

Макар днес да е разпространено убеждението за своеобразната неизбежност на сегашните тенденции, нямаме никакви разумни поводи да се поддаваме на подобен детерминизъм. Не е речено забелязващата се днес криза на идентичността на университета да бъде толкова дълбока и непреодолима.

Препечатано от ЛИК-БТА, септември 2001 г.

ШЕСТА МЕЖДУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЯ

“Релативистката ядрена физика: от стотици MeV до TeV”

От 10 до 16 септември 2001 г. в хотел Журналист и в Творческия дом на БАН край Варна се проведе Шестата международна конференция “Релативистката ядрена физика: от стотици MeV до TeV”.

В работата на конференцията взеха участие над 100 специалисти от Русия, САЩ, Германия, Франция, Швейцария, Полша, Чехия, Словакия и др. страни. Сред тях бяха такива международно известни учени като: акад. В. Г. Кадышевский, акад. А. Н. Сисакян, професорите А. И. Малахов, И. А. Савин, Л. С. Ажгирей, В. А. Карнаухов и др. от ОИЯИ - Дубна, В. В. Куликов от ИТЭФ - Москва, Т. Hallman от BNL и V. Pantuyev от Stony Brook Univ., САЩ, Н. Machner от FZ-Juelich и W. Westmeier от GSI, Германия, Fr. Leghar, M. Rekaló и E. Tomasi-Gustafsson от Saclay, Франция, J. Bartke и B. Slowinski от INP, Swierk, Полша, L. Mailing от Чехия и мн. др.

Конференцията беше посветена на паметта на наскоро починалия акад. А. М. Балдин, един от пионерите на релативистката ядрена физика (СФ, № 3, 2001).

През последните години има нарастващ интерес към физиката на ядрените взаимодействия при релативистки енергии. Такива взаимодействия водят до създаването на състояния на силно възбудена ядрена материя. В енергетичните области от стотици MeV на нуклон до стотици GeV на нуклон протон-неутронният модел на ядрото не е повече адекватен и атомните ядра трябва да се разглеждат на кварк-глюонно ниво.

Под термина релативистка ядрена физика са обединени голям брой явления, свързани с прехода от адронни към кварк-глюонни степени на свобода в ядрата: образуването на адронни струи, барионни клъстери, изучаването на стабилни и нестабилни мултикваркови състояния, на много тесни адронни резонанси в ядрени реакции при релативистки енергии, на мултифрагментацията на ядрата на мишената при нуклон-ядрени и ядрено-ядрени взаимодействия при високи енергии и др. Важно явление, предсказано и открито в ОИЯИ-Дубна под ръководството на акад. А. М. Балдин, е кумулативното раждане на частици при сблъскването на релативистки ядра. От особен интерес са изследванията на спинови явления с помощта на поляризирани йонни снопове.

За изучаването на взаимодействието на релативистки ядра през последните години бяха създадени уникални ускорителни комплекси за тежки йони.

От 1994 г. в ускорителния комплекс на CERN се ускоряват Pb ядра до енергия 158 GeV/A при интензитет 7.10^8 ppp (СФ, № 2, 2000). През 2000 г. при облъчването на мишена от олово с оловни ядра с пълна енергия 33 TeV бяха получени първите доказателства за съществуването на ново състояние на материята: кварк-глюонна плазма (СФ, № 2, 2000). Предполага се, че това е състоянието, в което се е намирала Вселената няколко ms след Големия взрив.

От 2005 г. експериментите с ускорени до висока енергия тежки йони ще продължат на строящият се в момента Large Hadron Collider (LHC). В LHC Pb йоните ще се сблъскват при 300 пъти по-голяма енергия отколкото в сегашните CERN експерименти. Търсенето и изучаването на свойствата на кварк-глюонната плазма ще се провежда на експеримента ALICE (A Large Ion Collider Experiment).

Друг световен център на изследванията с тежки йони, ускорени до високи енергии, е Brookhaven National Laboratory (BNL) в САЩ. От 2000 г. тук работи уникалният Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC), в който неотдавна бяха получени насрещни снопове от Au йони, ускорени до енергия 100 GeV/A. RHIC е създаден специално за изследване на кварк-глюонната плазма и на поведението на материята при огромни плътности на енергията. Един от експериментите, провеждани на RHIC, е STAR (Solenoidal Tracker At RHIC). Това е детектор с огромни размери и сложност, предназначен за проследяването и идентифицирането на хилядите частици, раждани при сблъсъци на златни йони.

От 1994 г. в ЛВЭ на ОИЯИ-Дубна работи специализираният свръхпроводящ ускорител на тежки йони Нуклотрон. В Нуклотрона могат да се ускоряват йони на всички елементи до уран включително, при максимална енергия 6 GeV/A и интензитет от порядъка на 10^9 ррр. Могат да се провеждат експерименти както с вътрешна мишена, така и с изведен сноп, като лабораторията разполага с богат набор от спектрометри и системи от детектори, позволяващи импулсен анализ и идентификация на вторични частици в областта от 100 MeV/A до няколко GeV/A. В Нуклотрона се ускоряват и снопове поляризирани деутрони с максимален импулс 9 GeV/s.

На конференцията бяха представени 66 доклада, групирани в 8 сесии.

Първата сесия беше посветена на развитието на ускорителя Нуклотрон и на методите за повишаване на интензитета на ускорените йонни снопове.

Сесия 2 беше посветена на спинови явления в ядрени реакции при висока енергия. J. Bartke говори за възможността за търсене на нарушение на изотопическата четност в експеримента ALICE (CERN), Л. С. Ажгирей докладва за измерването на спиновата структура при взаимодействието на леки ядра на ускорителя Нуклотрон, а В. П. Ладыгин - за подобни измервания в ускорителя RIKEN в Япония. И. А. Савин представи обзор на експерименталните резултати по т.н. "спинова криза" в нуклона при високи енергии.

Третата сесия на конференцията беше посветена на явления в нуклонната материя с висока плътност. Бяха представени експериментални резултати по квазиеластичното разсейване на ${}^6\text{Li}$ (В. В. Куликов), по раждането на частици в ядрата при енергии 2-4 GeV/A (Ts. Baatar), по околопраговото раждане на кумулативни каони (Л. С. Золин), по търсене на дибариони (А. С. Хрыкин), по раждането на леки мезони в pp и pd взаимодействия на ускорителя COSY в FZ-Juelich (Н. Machner), по pp взаимодействия в GeV-ната област (В. Slowinski), по термалната мултифрагментация (В. А. Карнаухов), по регистрацията на безмезонни разпадания на леки хиперфрагменти (L. Mailing) и др.

Сесия 4 беше посветена на физиката на събития с много висока множественост. От А. Н. Сисакян и др. беше предложен термодинамичен феноменологичен модел на явлението.

Шестата сесия групира доклади, обхващащи различни аспекти на физиката на високите енергии. T. Hallman представи първите резултати, получени на ускорителя RHIC. V.I. Pantuev говори за първите резултати от експеримента PHENIX в RHIC. J. Bartke представи експеримента ALICE в CERN. E. Tomasi-Gustafsson говори за измерването на адронните формфактори.

Сесия 7 включваше кратки съобщения на различни теми, а Сесия 8 беше посветена на приложните изследвания. Тук трябва да се отбележат докладите на W. Westmeier и на B. Slowinski по трансмутацията на радиоактивни изотопи.

Конференцията завърши с “кръгла маса”, посветена на възможните бъдещи експерименти на ускорителя Нуклотрон и на изискванията, които те поставят пред качеството и интензитета на йонните снопове. На “кръглата маса” бяха представени 14 основни доклада. Беше приет и специален меморандум на конференцията, в който се очертава кръгът от задачи, стоящ за решаване пред съвременната релативистка ядрена физика.

Конференцията беше прекрасно организирана от група сътрудници на ИЯИЯЕ-БАН и включваше богата културна и социална програма.

Динко Динев

ПЪТЯТ НА МЛАДИТЕ ВЪВ ФИЗИКАТА

Работата с младите хора е една от приоритетните задачи на Съюза на физиците в България с цел стимулиране на интерес към физиката и физическите знания. Не трябва да се забравя, че физиката е съществена част от образователната система и важен елемент на едно съвременно общество. Безспорен е приносът на физическите знания за развитието на модерните технологии, които са част от ежедневието ни. За съжаление последните социологически проучвания показват плашещ спад на интереса към физиката и технологиите сред учащите се. Все по-малко млади хора избират да учат физика в университетите. Недооценяването на полезността на физиката и фундаменталните знания е опасно и може да доведе в бъдеще до драматични последици.

С цел създаване на научна култура и по-задълбочено и творческо възприемане ролята и мястото на физическите знания и фундаменталните науки в живота на съвременния човек, както и разкриване взаимните връзки между отделните науки и глобалните проблеми на нашето общество, СФБ организира младежка научна сесия **"Младите и физиката - младите във физиката"**. Тя се състоя по време на 39-тата Национална конференция по въпросите на обучението по физика, която тази година се проведе в Смолян с любезното съдействие на Фондация "Еврика", чиято приоритетна дейност е да подкрепя развиването на способностите на младите българи в областта на науката и техниката.

В постерната научна сесия 30 млади хора - докторанти, студенти и ученици в присъствието на утвърдени учени и преподаватели защитиха научните си разработки по избрани от тях теми според желанието, интересите и възможностите си. Полезно бе за учениците да видят постерите на докторантите и студентите, да чуят стила на изложението им, да се научат откъде да търсят допълнителна информация и как да я използват, за да подкрепят своите идеи. Полезно бе и за бъдещите учени и преподаватели да разберат сферата на интересите на учащите се и да оценят обучението им по физика в средните училища. Новите енергийни източници, Космосът, приложението на йонизиращите лъчения и екологията, бяха сред най-предпочитаните теми от участниците. Не липсваха и разработки в областта на теоретичната физика. Представени бяха и идеи за демонстрационни физични експерименти като неотменна част от съвременния урок по физика и за компютърна анимация на физични процеси и явления. За повечето от участниците в сесията това бе тяхната първа публична научна изява пред физическата колегия и въпреки вълненията по този повод (най-вече сред учениците от средните училища), тяхното представяне беше на сравнително добро ниво. Колкото до студентите и докторантите - те дадоха добър пример на бъдещите студенти как трябва да се подготвят, представят и защитават научни разработки. Предоставената "трибуна" за творческите изяви на младите физици постави началото на диалог между тях и присъстващите учени и преподаватели от средните и висшите училища.

Всъщност диалогът започна преди постерната сесия. На кръгла маса *"Физиката през погледа на младите"* бяха изразени становищата и предложенията на участниците в дискусиата, как да се повиши рейтингът на физиката и фундаменталните науки пред обществото. Стана ясно, че младите хора искат повече лабораторни опити в часовете по

физика; разнообразяване на учебната база; модернизация на кабинетите по физика; самостоятелно извършване на опитите, за да се получи съпричастност към проблематиката; повече учебни филми (от типа на показваните по канал "Дискавъри"); повече екологична информация в учебниците и часовете по физика с цел постигане на екологична култура - едно от нещата, които ще ни доближат да ЕС; обърнато бе специално внимание и на ролята на преподавателя. Само така младежите смятат, че физиката ще стане по-привлекателна за учащите се, които ще осъзнаят ролята на научното познание за творческата реализация на съвременния човек. Единодушно се наблегна на полезността от подобни младежки научни срещи и се изказа пожелание за ежегодни подобни прояви на национално равнище.

Пенка Лазарова

ДЖОСЛИН БЕЛ БЪРНЕЛ

Астроном и физик (род. на 15 юли 1943 г.)

Шерън Бърч Мак-Грийн



Джослин Бел Бърнел по времето, когато открива пулсара

“Вие по-висока ли сте или по-ниска от принцеса Маргарет?” - запитал репортерът.

Усмивайки се, Джослин Бел помислила: “В Британия имаме странни измервателни единици”.

Но следващият въпрос - колко “гаджета сте имала” не бил по-добър.

Фотографите били също такива. Те я снимали седяща, стояща, четяща, бягаща и й подвиквали “Гледай щастливо, скъпа! Ти току що направи откритие!”.

“Архимед не знае, какво е пропуснал” казвала си тя.

Джослин Бел - 24-годишна абсолвентка, беше открила пулсарите, напълно нов клас изключително плътни светещи звезди. Когато репортерите научили, че малки зелени човечета от космоса и привлекателна млада жена са въввлечени в най-драматичното научно събитие на десетилетието, те се упътили направо към Бел. Тя щяла да осигури мъничко сексуален привкус и вълнение към една вече възхитителна история.

Откритието на Бел представлявало жизненоважна следа в еволюцията и гибелта на звездите, отваряло нови сфери в астрономията и осигурявало на физиците огромни нови лаборатории за изследване на суперплътната материя, на свръхсилни магнитни полета, на относителността и гравитацията.

Не минава много време от откриването на пулсарите, даването на интервюта и снимането за пресата, когато, скоро след завършване на докторската си дисертация тя се отказва от конкурентното и от световна класа изследване. Омъжва се, сменя името си на Бърнел, обръща гръб на радиоастрономията и следва мъжа си от работа на работа, докато той изкачва стълбата на собствената си кариера. Докато детето им расте, тя захваща временна почасова работа по астрономия, обучава възрастни и остава непрестанно обвързана със социалната справедливост и религиозната вяра. За откриването на пулсарите Нобелова награда печели ръководителят на доктората ѝ.

Сюзън Джослин Бел е родена в Белфаст, северна Ирландия, на 15 юли 1943 г. Израства в “Уединение” - провинциална къща на просторно и доста отдалечено късче земя с по-малкия си брат, две по-малки сестри и родителите си Дж. Филип и М. Алисън Бел. Баща ѝ бил архитект и Джослин играела с часове с конструкторите “Мекано”, строейки сложни къщи и автомобили за своите кукли. През лятото семейството излизало да поплува с лодка. В неделя посещавали Квakerските събори в провинцията, а в делнични дни децата ходели на училище в съседното село.



Джослин в костюм за танци

Едно идилично детство с изключение на два проблема: гувернантките в училището. С неколцина приятели наоколо, децата на Бел прекарвали заедно времето в игра под наблюдението на поредица от гувернантки. Очевидно детегледачките отдавали предпочитание на малките. Като по-голяма Джослин се дразнела от очевидната несправедливост; а като момиче се измъчвала, когато дочула една от гувернантките да казва на колегите си колко е хубаво, че най-накрая г-жа Бел си има син. Родителите ѝ не подкрепяли този възглед, но Джослин възприемала мнението, че жените и момичетата в Ирландия не се зачитат.

Когато била на 11 години, Джослин не се справила с изпита за преминаване в по-горен клас. Сега този изпит е отпаднал в Британското училище, защото необратимо разделял децата на призвани за средно образование, което от своя страна давало подготовка за колеж, и от друга, насочени според наклонностите си към различни степени на професионално обучение.

В типично неин организиран и не лишен от разум стил Бърнел обяснява: “На изпита се провалих по три причини: първо, защото бях със закъсняло развитие; второ, държах изпита, когато бях относително млада и получих този резултат, защото младите кандидати трябваше да се справят по-добре от възрастните”. Според теорията ѝ младите имали време да се явят повторно. И трето, нейното провинциално малко училище не било “нещо особено”.

След провала на Джослин започнали остри семейни дебати. Необходим ѝ бил втори шанс, но щяло да бъде нечестно едно от децата да получи колежанско образование, а другите да останат на нивото на провинциално училище. Но и четиримата да се учат щяло да бъде скъпо.

Към дебата се прибавил и друг фактор. Като “квакери” семейство Бел били извънредно чувствителни към религиозните настроения, разделящи протестанти и католици в Северна Ирландия. Семейство Бел били емигранти в презвитерианска Шотландия преди 200 години и се заселили сред католическото население. Семейството се присъединило към “Обществото на приятелите” - малка протестантска деноминация, известна като “Квакери”. Те били напреднали в смесеното обучение, универсалното образование, аболиционизма и правата на жените; те се противопоставяли на милитаризма, войната, бруталността в затворите и психиатричните клиники. Действащата социална квакерска организация, Комитетът за приятелство с американските военнослужещи и Съветът за приятелство с британските военни, спечелили Нобеловата награда за мир през 1947 г.

Училищата на “приятелите” наблягали на науката толкова, колкото и на социалната справедливост, поради което квакерите имат принос в науката. Прочути учени-квакери са химикът Джон Далтън, генетикът Франсиз Галтън, астрономът Е. Б. Тайлър, откривателят на антисепсиса Джоузеф Листър и астрономът Артър Едингтън. Доказано е, че един английски квакер има 50 пъти по-голям шанс от средния английски гражданин да бъде избран в престижното Кралско общество на учените. Както Бърнел отбелязва по-късно “Който ме познава добре, казва, че квакерското ми наследство обяснява много”.

През 40-те и 50-те години, когато Джослин била дете, ирландският религиозен конфликт - “безредиците” - не бил толкова очевиден за странични наблюдатели, както

става по-късно. Независимо от това, нейните родители мислели, че, както дипломатично се изразява Бърнел, Северна Ирландия е станала малко по-затворена, отколкото им се искало да бъде. Изпращането на децата им в пансиони в чужбина, можело да разшири техните перспективи.

Повече от всичко на Джослин бил необходим втори шанс. Затова през 1956 г., на 13-годишна възраст, тя била изпратена в Маунт Скул - девически пансион за квакерски момичета в Йорк, Англия, точно на отвъдния бряг на Ирландско море, срещу Белфаст. Брат ѝ и сестрите ѝ евентуално щели да я последват в Йорк, за да продължат обучението си. Като по-голяма Бърнел започва научната си кариера след провала на изпита, както самата тя казва.

“Отиването в пансиона ми даде нов старт. Идеята беше добра и аз я изпълних добре” - спомня си Джослин. Независимо от това, шестте години, прекарани там, не минали без проблеми. “Безредиците започнаха, докато бях в пансиона. Трудно ми беше да се ориентирам, защото в британските вестници не беше отразено точно. Поради политиката на официалната английска преса имаше само кратки съобщения, но аз можех да чета между редовете”.

В допълнение училищните преподаватели не били добре подготвени по физика, а в лабораториите не достигало оборудване. Тя започнала да се интересува от астрономия - наука, основаваща се на физиката. Един от архитектурните договори на баща ѝ бил за съвременна пристройка към Североирландската обсерватория от 18-ти век “Арма”. Джослин посещавала с него обсерваторията и се запознала с нейния персонал, който я окуражил да стане професионален астроном. Скоро тя била изчала всички популярни астрономически книги в библиотеката на баща си. Но слабостта на училищната физична наука не ѝ позволила да се убеди в способността си да прави уреди и да се занимава с експериментална физика. По рождение надарена със сръчност, тя не обвинявала училището. “Въпреки че критиката към преподаването на наука в девическите училища може да бъде оправдана, може да се спори как жените биха поправили явни пропуски на 40-годишна възраст и че такъв провал може да сочи някаква слабост у тези жени” - допуска тя.

След завършване на гимназията през 1961 г. Бърнел кандидатствала в Университета в Глазгоу, Шотландия. Обичайно за Ирландия е да бъде предложено едно от няколко места в Британия за степен по астрономия.

Скоро след кандидатстването си тя променила решението си. “Реших, че прекалено рано изгарям мостовете”, обяснява тя. Британските астрономи се стремели да бъдат членове на университетското тяло и при ограничения брой професури областта била високо конкурентна. “Всеки се стремеше към академическия връх. И така накрая аз защитих степен по физика, която ми дава както възможности за занимания с модерна астрономия, така ми оставя и други възможности”, разсъждава тя.

Физиката в Глазгоу провокирала интелекта на Бърнел и доброто ѝ чувство за хумор. Към края на първата година тя била единствената жена, останала в класа по физика. Скоро осъзнала, че жените във физичните науки били “извън играта”. Студентите се отнасяли към нея, като че ли тя била “Джослин от Юпитер”, малко неестествена. За късмет Бърнел имала добре развита способност да се шегува със себе си. Когато състудентите ѝ научили, че тя е в секцията за специализация и раздразнението

нараснало, разумът ѝ подсказал, че е време да се научи да не се черви. Тя просто игнорира жените от пансиона, които я съветвали да скъса с физиката и да напусне университета след основната 3-годишна степен, вместо 4-годишна. Те ѝ казвали, че на омъжена жена с дете не ѝ трябвало толкова образование. Само когато тя била достатъчно объркана, за да постигне максимума на изпита по математика, раздразнението на колегите преминало границите на добрия тон. Във всеки случай през 1965 г. получила бакалавърска степен по физика с награди.

Щастлив случай отвел Бърнел в Кеймбриджкия университет. Според една популярна легенда нейната молба, адресирана до Йодрел Бенк в Манчестърския университет, известен като радиоастрономическия център на Британия, паднала зад бюрото на професора. След като Бърнел открила пулсарите, професорът се проклинал с огромно раздразнение, че е загубил молбата ѝ. Тъй като не очаквала да бъде одобрен изборът ѝ за Кеймбридж, тя кандидатствала за филиала на факултета в Австралия и започнала да се готви за далечно пътешествие.

“В края на краищата постъпих в Кеймбридж” - казва Бърнел. Един от ироничните обрати беше, че в резултат на откриване на пулсарите толкова много хора пожелаха да постъпят в астрономическия факултет на Кеймбридж, че издигнаха бариери за постъпване и изобщо не бих могла да вляза”. И ако досега поддържала постоянно Оксфорд в състезанието с лодки между Оксфорд и Кеймбридж, Джослин Бърнел изненадващо се озовала в Кеймбридж, за да изучава астрономия.

Жените станали активни в астрономията от средата на 19-ти век. Американката Мария Мичел спечелила медала на датския крал за откриване на комета с телескоп през 1847 г. След като в Харвард установили, че жените могат да извършват детайлни изчисления за по-малко пари от мъжете, обсерваториите започнали да наемат жени за мъчителните изчисления и фотографски анализи.

Жените-астрономи обаче трябвало да преодолеят един неудобен факт: те често работели до късно през нощта в отдалечени зони, заедно с мъже. За да избегнат такива скандални “неблагоприличия”, някои университети насочвали жените към изследване на Слънцето, защото се извършвало денем. Когато Бърнел била в Кеймбридж в средата на 60-те, на американките-астрономи било забранено да използват важните телескопи на връх Уилсън и в планината Паломар в Калифорния. При Йодред Бенк от жените се изисквало да провеждат нощните наблюдения по двойки и не се разрешавало да карат кола до дома си след работа. Едва през последните 25 години жените са допуснати да кандидатстват за работа по всяко време на всички главни телескопи в света.

“Жените-астрономи от моето поколение се чувстваха (караха ги да се чувстват) някак необичайно, но “странно” е твърде силно да се каже”- заявява Бърнел. Независимо от това, жените са допринесли много в най-вълнуващото развитие на астрономията напоследък, особено в извънгалактичното пространство. Такива са Е. Маргарет Бърбидж, Вера Рубин, Сандра Фейбър, Нета Бакъл, Маргарет Гелер, Жаклин ван Горкъм и по-специално Беатрис Тинсли.

Въпреки, че около 7 % от американските астрономи са жени, на тях през 1986 г. според технически заслуги им било отделено 1/3 от времето за наблюдение с уредите на обсерваторията на връх КИТ, Тюсън, Аризона и Серо Тололо в Чили; фактът, че астрономията е привлякла повече жени, отколкото физиката, озадачава Бърнел “защото

астрономите обикновено изучаваха цялата математика и физика, за която се предполагаше, че е препъни-камъкът за влизането на жените във физиката”.

Когато Бърнел пристигнала в Кеймбридж през 1965 г., радиоастрономът Антъни Хюиш се готвел да построи голям радиотелескоп за търсене на бляскащи или мигащи радиоизточници. Някои небесни тела могат да се открият по видимата светлина, която излъчват или отразяват към Земята. Други тела произвеждат вълни в различни дялове на електромагнитния спектър - от рентгенови и гама лъчи в късовълновата част на спектъра до видими, инфрачервени лъчи и в дълговълновия край - радиовълни. Всяка зона на спектъра има своя собствена история за разказване. И всяка зона трябва да бъде изучена с различно оборудване, за да се улавя специфичната дължина на вълните. Бърнел не го знаела когато пристигнала в Кеймбридж, но по-късно изучила почти всяка зона на електромагнитния спектър. По това време тя възнамерявала да изследва радиовълните.

Радиоастрономите не наблюдават с обичайните телескопи, защото радиовълните са невидими за човешкото око. По принцип те биха могли да слушат обикновено домашно или автомобилно радио. Но радиовълните от Космоса са толкова слаби, че радиоастрономите трябва да строят гигантски приемници с огромни антени и прецизни усилватели за улавяне и усиление на вълните. Антена може да бъде и един проводник; във всеки облъчен от радиовълни проводник възниква осцилиращ електрически ток, който може да се усилюва, записва и отчита количествено. Както планирал Хюиш, при използване на по-дълъг проводник (120 мили), ще се уловят повече електромагнитни вълни и ще възниква силен електрически ток. След това токът се отвежда в хранващ проводник, който го предава на усилвателя.

Сигналите от космически радиоизточници обикновено са най-силни в ниските честоти. Съобразявайки се с това, Хюиш възнамерявал да построи радиотелескоп, който да работи до 81,5 MHz в близост до FM радио зоната, да улавя радиовълни с дължина 3,7 m. При FM радио антена с площ 16 декара може да се чуе отчетливо това, което се надявал да чуе Хюиш - вълните, излъчвани от квазари в пространството. Неговият телескоп щял да сканира по една голяма част от пространството всяка седмица, за да определи местоположението на излъчващите радиоизточници върху небесната карта.

По старата традиция аспирантите да бъдат “роби на труда” Джослин прекарала първите 2 години в Кеймбридж, помагайки на Хюиш да построи радиотелескопа. За улавянето на възможно повече радиоенергия, телескопът имал огромно радиоприспособление от проводници, разпрострени върху 18 декара площ, приблизително размера на 5 тенис корта. Една зона с 1000 триметрови пръти, поддържащи 120 мили проводници, 200 мили медни хранващи проводници, кабели и въжета. Бърнел и 5 други студенти построили телескопа с помощта на няколко ентузиазирани посетители, които през тяхната лятна ваканция забивали пилоните в земята и действително се забавлявали. Бърнел била дребничка и слаба, но се научила да размахва 10-килограмовия чук с професионална увереност. Тя била натоварена с инсталиране на мрежата от кабели, прикрепването към тях на 350 съединители и конструирането на 200 трансформатора. За да понижи цената, Бърнел сама направила кабелите, режейки и извивайки всеки от тях в палатков заслон на двора през зимата.

Без сама да знае, Бърнел построила не само радиотелескопа на Хюиш за сканиране на излъчващи източници. Тя конструирала и едно устройство, което било идеално за

откриването на пулсарите. То имало широкоъгълен обхват и нееднократно сканирало една и съща област в небето. То събиращо данни за квазарите на Хюиш, отдалечени на билиони светлинни години, както и информация за вълни от много по-близки източници в нашата собствена галактика. Това бил и първият радиотелескоп, конструиран за търсене на бързопроменящи се астрономически източници.

Когато през юли 1967 г. телескопът бил включен, Бърнел сменила черната с умствена работа. На 24-годишна възраст тя дежурела на телескопа и анализираща данните от него под ръководството на Хюиш. Телескопът сканирал цялото небе на всеки 4 дни и бълвал данни с четири 3-пистови писалки, които покривали над 30 метра разграфена хартия на ден. Бърнел анализираща данните ръчно. Телескопът бил нов и никой не знаел как да борава с него, затова анализът не бил компютъризиран. Ако компютърът беше програмиран за търсене на определени данни, Бърнел може би никога нямаше да открие пулсарите.

След проучване на първите стотина метра записи, Бърнел можала да различи излъчващите източници от съпътстващите смущения като френска телевизия, самолетни предаватели и автомобилни системи за запалване. Картографирайки радиосигналите, тя изключвала създадените от човешка дейност. “Радиотелескопите са много чувствителни - трябва да бъдат такива, за да откриват и слабите радиосигнали от Космоса, но това значи, че те лесно се заглушават от околните радиосмущения. За щастие излъчването и смущенията обикновено изглеждат различно върху диаграми и човек бързо се научава да ги различава” - обяснява тя по-късно.

Въпреки че телескопът вършел добра работа, анализиращето на диаграмите било непосилно. През следващите 8-9 месеца тя се борила с бълващите ежедневно от писците записи. Към октомври тя изостанала с 300 метра, към ноември с 600 метра. За 6 месеца щяла да бъде затрупана от 5-6 km хартия. “Изкушението да съкрати анализа трябва да е било много голямо”, коментира Никълъс Уейд по-късно в Science magazine.

През октомври, по-малко от 2 месеца след като телескопът започнал да работи, Бърнел забелязала първата особеност. Тя покривала едва 12 mm от 120-метровата диаграма. “Първото, което забелязах беше, че сред записите понякога имаше сигнали, които не можех да класифицирам. Те не бяха нито мигащи, нито предизвикано от човек смущение. Спомних си, че съм виждала този особен вид материал и преди това и от същата част на небето. Изглеждаше, че се повтаря на 23 часа и 56 минути, т.е. със завъртането на звездите. “Нещото спазваше друго време или звездно време (365 дни 6 часа и 10 мин). Въпреки че Земята се завърта за 24 часа спрямо Слънцето, тя се завърта за 23 часа и 56 минути спрямо звездите.

“Идеята за откритието е била в този единствен миг на досещане”, коментира Уейд. Тя видяла особеността по същото време на деня в предишните диаграми и тя се появявала в сидерално, неземно време. Накратко, тя идвала от източник, който “изгривал и залязвал всеки ден заедно със звездите, не със Слънцето”.

“Нещата, които не се класифицират, са прекалено обезпокояващи, за да бъдат лесно забравени” - мислела тя и не го забравила. Появявало се в небесен отсек, който преминавал над главите ни в средата на нощта, когато нормално трябвало да има малко или никакви трептения. Бърнел не можала да намери никакъв каталогизиран радиоизточник в тази небесна зона.

Разказала на Хюиш за мистерията и те се разбрали да я наблюдават. За нещастие трябвало да чакат инсталирането на бързопищещ уред с висока разделителна способност. Когато започнали през ноември, Бърнел се надявала, че ще може да я види по-детайлно. Цял месец излизала всяка нощ да проверява записа. Но сигналите изчезнали. Отначало Хюиш помислил, че това е избухнала звезда. “Тя е угаснала и ти си я пропуснала”, скарал ѝ се той. Тя се пошегувала: “Грешката винаги е на студентите!”

През нощта, когато Бърнел се готвела да посети една лекция в Кеймбридж, мъглявината се появила отново. И след две нощи, на 28 ноември 1967 г., също. Докато Бърнел наблюдавала, пишецът начертал серия от постоянни пулсации. Появявали се на редовни интервали. Щом сигналът престанел, тя откъсвала записа и го измервала внимателно. Пулсациите били наистина равномерни и в интервал от $4/3$ s.

Телефонирайки незабавно на Хюиш, тя му обяснила, че току що е записала постоянна серия от пулсации по една на всеки $4/3$ секунди. “Е, това обяснява всичко”, казал той. Трябва да е дело на човешка ръка”. Бърнел била озадачена от реакцията на Хюиш. “Това, което не знаех, а би трябвало да знам, е, че би било трудно да получиш такава бърза вариация от звезда, галактика или друг тип космически обекти, познати дотогава”.

Заинтригуван, Хюиш отишъл до телескопа следващата вечер, за да наблюдава записа. Като по поръчка сигналите се редували на $4/3$ секунди. Те били щастливи. Сега се знаело, че този отделен пулсар можел да бъде непостоянен и не действал често по поръка.

Късият интервал от $4/3$ секунди между сигналите бил най-голямата загадка. “Бяхме ужасно затруднени да изясним тази главоблъсканица” - признава Бърнел. Най-бързо променящата се известна дотогава звезда сигнализирала само 3 пъти дневно; звезда, която пулсирала на всеки $4/3$ s била почти немислима. Сигналът не можел да бъде произведен от човек, защото се излъчвал по звездното време, а не по земното. Хюиш изключвал също отразени от Луната радарни сигнали, в частност движещи се по орбитата на сателити, както и някой среднощен учен от Земята, като за целта се допитал до астрономите.

Други сътрудници на Хюиш измерили пулсациите и открили, че те сигнализират на всеки 1,3373011 s. Учудваща била точността до 1 милионна част от секундата. Никой друг астрономически източник не сигнализирал с такова постоянство. Изчисленията поставяли източника на разстояние 200 светлинни години, далеч отвъд Слънчевата система, но все пак в рамките на Галактика.

В чест на постоянството Бърнел кръстила чудото “Белиша Бикън” - на името на яркото оранжево кълбо, което предупреждава английските мотористи за пешеходна пътека. Други колеги ги нарекли МЗЧ - малки зелени човечета и само отчасти се шегували.

“Една вечер, тъкмо преди Коледа, влязох в кабинета на Тони, за да обсъдим нещо, и установих, че съм попаднала на съвещание от висок ранг, за това как да се представят тези резултати” - казва Бърнел. “Бях леко засегната, когато разбрах какво обсъждат”. Но за изненада срещата “просто случайно станала” и след като тя дошла, никой не ѝ казал да си върви. Тя останала.

Обсъждали МЗЧ. “Ние не вярвахме, че това наистина са малки зелени човечета, но от друга страна няхаме доказателство, че това не е така, нито имахме никакви приемливи алтернативи. Бърнел се чудела какъв е приемливият начин да се процедира при тези условия. Накрая астрономите приели, че те вероятно ще бъдат първите хора на Земята, които са открили сигнал от други цивилизации в Космоса.

Както обяснява Хюиш, по липса на задоволително обяснение за земен произход на пулсациите “ние започнахме да вярваме, че те могат да идват от някакъв източник далеч извън Слънчевата система, а краткотрайността на всяка пулсация предполагаше, че излъчвателят не е по-голям от малка планета. Трябваше да приемем възможността сигналите наистина да се подават от планета, обикаляща някаква отдалечена звезда и че те са изкуствени: с други думи МЗЧ”. Дали защото сигналите се появявали като произведения от човек, но се движели като от звезда?

Хюиш искал да запази сигналите в тайна, докато се увери във фактите. “Чувствах се принуден да спусна завеса на мълчание, докато този резултат не бъде потвърден с известна сигурност. Без съмнение седмиците през декември 1967 г. бяха най-вълнуващите в моя живот” - спомня си Хюиш.

За щастие имало прост начин за проверка на теорията за МЗЧ. Ако сигналите произхождат от малка планета, обикаляща някое слънце далеч в космоса, сигналите биха показали наличие на Доплеров ефект. Доплеровото отместване е познат звуков ефект, който се появява, когато линейката с пусната сирена се движи към Вас или се отдалечава. Когато линейката приближава, звуковите вълни се събират и звучат по-високо. Когато се отдалечава, става бърза смяна на тона, тъй като звуковите вълни се разпространяват зад линейката. По същия начин, когато една планета обикаля около Слънцето и идва към Земята, нейните радиовълни се сгъстяват. Когато планетата се отдалечава от Земята, вълните се разтягат отново.

Екипът на Хюиш не открил доказателство за Доплерово отместване, с което се изключвала възможността за МЗЧ. Почти по същото време Бърнел поставила въпроса за източника на сигнала по различен начин, открит от нея.

След срещата в кабинета на Хюиш, Бърнел си отишла у дома “доста раздразнена и размишляваща”. “Аз тук се опитвам да защитя докторат без нова техника и никакви глупави МЗЧ трябва да изберат моята честота и моята антена, опитвайки се да ни сигнализират”. Бърз поглед върху бюрото ѝ, затрупано с 6 метра неанализирани диаграми я отрезвил. След вечеря Бърнел се върнала в лабораторията да ги изследва. Последната диаграма, която погледнала, преди да затвори лабораторията в 10 часа вечерта, покривала небесен отсек, който винаги бил засенчван от Касиопея А, един от най-силните радиоизточници в небето. В най-конфузното място на диаграмата тя забелязала нещо, което поразително приличало на “неясното”. “Само че този то път идва от друга част на небето - осъзнала тя. За няколко минути, преди да бъде заключена лабораторията, аз проверих предишните записи на това късче небе и се уверих - това се е случвало няколко пъти”.

Лабораторията била затворена и Бърнел си тръгвала за Коледа в Ирландия и за обявяване на годежа си. “Неясното” било в една небесна пъточка, която преминава над нас в 1 часа след полунощ. Късно през нощта Бърнел отишла до телескопа. Оборудването не работело стабилно в студено време и тя трябвало да прещраква

ключовете, да ругае, да удря и духа, за да ги накара да работят. Но за няколко решаващи минути телескопът проработил. Появила се редица от равноотдалечени през 1,2 секунди пулсации. Вторият сигнал бил дори по-бърз от първия!

На следващата сутрин Бърнел захвърлила диаграмата на бюрото на Хюиш и заминала за ваканцията много по-щастлива. "Беше невъзможно да има две множества от МЗЧ, едновременно избрали същата необичайна честота на сигнала към една и съща планета Земя", си казала тя.

През Коледните празници Хюиш задържал телескопа в действие, записите изпълвали хартията, а писците били непрекъснато потопени. Дори ги проверявал. Натрупал неанализираните данни на бюрото на Бърнел.

Още през първия ден след завръщането си тя открила два нови сигнала от различни части на небето. "Чудех се дали не съм имала твърде хубава ваканция" - казала си тя. Четвъртият сигнал беше много по-бърз от първите три. С интервал само от 0,25 s. Това нещо беше понякога толкова силно, че докарваше писците до ограничителите. Преживяването беше страхотно - да наблюдава препускащи по хартията писалки, които отиват и се връщат четири пъти за секунда, - и трудно за вярване, че звезда може да се държи така".

В средата на януари Хюиш решил, че е време да напише доклад, съобщаващ за откриването на "пулсарите". Той изпратил доклада - като на второ място сред петима съавтори споменал С. Дж. Бел - в престижното британско научно списание "Nature". То публикувало статията само след две седмици, което свидетелства за нейната важност. Няколко дни преди появата ѝ, на 9 февруари 1968 г., Хюиш провел семинар в Кеймбридж за обявяване на откритието. Всички астрономи от Кеймбридж посетили семинара и всеки един от тях признавал, че Бърнел първа е загатнала за важността на откритието.

Вдигнал се шум, когато пресата научила, че астрономите в действителност приемали възможността за МЗЧ от космоса. И когато репортерите открили, че С. Дж. Бел е жена, вълнението достигнало истерия. Седмици наред Бърнел била снимана седяща или стояща над мними диаграми. Един научен репортер от английски вестник изобретил закачливото име "пулсари". Бърнел мислела, че е "ужасно име", но пасвало. Все още развълнувана тя се опитвала да пише доктората си и да защити степен. В дисертацията били определени ъгловите параметри на близо 200 излъчващи радиоизточника. Пулсарите тя включила в приложението.

"Вълнението от тази първа година след откриването на пулсарите не може да бъде преувеличено" - казва приятелят на Бърнел Джоузеф Тейлър, професор по астрономия в Принстън. Астрономите, които били записани за телескопа предварително, били обсадени от колеги, жадни да извършат незабавно експерименти с пулсари. Възникнало интересно наддаване: една нощ работа на телескоп се заменяла за една седмица, месеци по-късно.

Въпреки че екипът на Хюиш не знаел дали пулсарите били бели джуджета или неутронни звезди, последното изглеждало по-вероятно. Неутронните звезди са невероятно плътни, избухващи звезди с диаметър само от 10 до 15 km. През 1933 г. астрономите били изчислили, че неутронните звезди били математически и

теоретически възможни. Но до откриване на пулсарите нямало свидетелство за тяхното съществуване. Само свръхплътна звезда можела да се върти толкова бързо, колкото един пулсар. Ако един обект, голям и тежък колкото Земята, се завърташе всяка секунда, всичко на повърхността му би излетяло в Космоса. Центробежната сила би раздробила Земята и би я изхвърлила в Галактиката. Земната кора щеше да се разпадне.

Една жива звезда съществува при равновесие между гравитацията, която се стреми да събере вещество на звездата в центъра, и ядрената енергия, която е достатъчна, за да създаде такова налягане вътре в звездата, което ще я запази от саморазрушаване. Когато малка звезда изчерпи ядреното си гориво, тя е изгорял въглен, бяло джудже. Когато по-голяма звезда изчерпи ядреното си гориво, веществото се свива стремително. Свиващата се материя формира суперплътна неутронна звезда в центъра или, в случай на тежка звезда, черна дупка, която поглъща материята. По време на тази буйна трансформация част от веществото се откъсва и отделя енергия за супернова. Наблюдавана отдалече, суперновата изглежда като експлозия.

Когато една звезда умира и става неутронна звезда, тя може да се свие от диаметър 1 млн km до 10-15 km. Повърхностното ѝ гравитационно поле става 100 билиона пъти по-силно от земното; огромното налягане сплесква материята и я превръща в гъста супа от неутрони. Звездата става плътна като самото ядро в центъра на атома - 100 милиона милиона (10^{14}) пъти по-плътна от обичайната материя. Когато нейната маса се свива, тя се върти все по-бързо, подобно на кълкър или фигуристка, която държи ръцете си близо до тялото и по този начин се намалява ефективният ѝ размер и се повишава плътността ѝ. При бързото въртене на звездата се създават свръхсилни магнитни полета, милион пъти по-силни от земното. Въртящото се магнитно поле създава електрични полета и заедно те генерират мощни радиовълни, ориентирани по северния и южния полюси на звездата. Тя се превръща в завихрящ се маяк. Когато снопът радиовълни попадне на Земята, ние го улавяме; когато се отклони от нея, той сякаш угасва. По такъв начин за наблюдатели на Земята неутронната звезда изглежда като пулсираща.

Радиоастрономите и физиците се втурнали да изучават процеса. Щом като една неутронна звезда е плътна като атомно ядро, тя е като гигантска лаборатория от ядрено вещество с диаметър 10 km. Всяка неутронна звезда съдържа повече ядрено вещество, отколкото съществува във всички атоми на Земята. Физиците, които се интересували от изключително плътната материя, били очаровани, защото по скалата на плътността неутронните звезди били свръхплътни, само на една крачка преди статуса на черна дупка. Физиците, които се интересували главно от относителност, гравитация и свръхсилни магнитни полета, биха могли да използват неутронните звезди за експериментална проверка на своите теории. А когато през 1980 г. били открити още по-бързи пулсари, вълнението отново се разгоряло. Оценено е, че само в нашата галактика могат да съществуват 100 хиляди действащи пулсари.

А къде била Джослин Бърнел по време на цялото вълнение, създадено от самата нея? В друг университет, в друг град, скромно изучавайки друга специалност. Докато другите връхлетели на откритата от нея област, тя я напуснала. Никой не се опитвал да я убеждава да остане. През 1968 г. тя се омъжила, сменила вече прочутото си име на Бърнел и с известно съжаление изоставила астрономията. Ако не била омъжена, тя можела да постъпи при Йодрел Банк, за да продължи работата си в радиоастрономията - нейната първа любов. Но съпругът ѝ Мартин Бърнел работел в местната управа на

Южна Англия, а Джослин искала да е близо до него. “Това преместване беше първото от поредица доста други. Повечето премествания, които ми се случиха и драстичните промени, които направих в дялове от астрономията, станаха заради преместванията на съпруга ми из страната като служител в местната администрация”.

Бърнел не осъзнавала значението на това, от което се отказвала. Тя едва започвала да разбира това, което много учени мислели за нейно откритие - пулсарите. “Едва след години, когато осъзнах въздействието на това откритие върху цялата астрономия и физика, разбрах началото на какво съм дала” - признава тя.

Бърнел преподавала 5 години в университета в Саутхемптън, занимавайки се с гамалъчева астрономия, преди да се премести през 1974 г. в космическата научна лаборатория “Мълард” в провинциално Съри. По това време тя имала едногодишен син и работела на половин ден, за да прекарва следобедите с него. В свободното време тя с удоволствие се разхождала, шиела, плетяла и доброволно сътрудничела в местната и национална квакерски организации.



Джослин със сина си

“Отначало възнамерявах да се откажа напълно от работа, за да се грижа за детето, но скоро открих, че интелектуалният стимул ми липсва твърде много”, казва Бърнел. Не желаех да имам гувернантка и реших, че полудневната работа е разумен компромис”. Харесвала ѝ възможността да избира дали да върши една работа или не в зависимост от домашните си задължения.

Грандиозният ранен успех в астрономията ѝ давал предимство при преместването ѝ из страната, докато си търсела работа някъде наблизо до съпруга си. “Ако няхах това зад

гърба си, аз се съмнявам дали щях да се задържа в тази област”, предполага тя. Професори и научни директори имали желание да нарушат правилата, за да създадат работа за нея, когато тя се местела в тяхната област, така че винаги имала удобна и удовлетворяваща работа. Често ѝ се възлагала по-голяма отговорност, отколкото ѝ позволявало положението. Но както тя забелязва: “Моята биография не изглежда прекалено добра”.

Институтът “Франклин” във Филаделфия подал първия знак, че вълнението в научния живот на Бърнел не било приключило. Институтът, който се славел с цялостно проучване на номинираните кандидати, я наградил с престижния медал на Албърт А. Мичелсън заедно с Хюиш през 1973 г. Въпреки че институтът отказал да коментира процедурата по награждаването, един служител заявил, че “ние вероятно избираме носителите заради равните им усилия”.

Наградата на Франклин подхранила веднага предположенията, че Бърнел може да си поделити и Нобеловата награда с Хюиш. Четирима физици са печелили Нобелова награда за докторатите си; Мария Кюри понякога се прибавя като петата, но работата ѝ върху радиоактивността била извършена за степен в Парижкия университет, където изискванията са значително по-високи отколкото за докторат.

Според указанията на Алфред Б. Нобел Нобеловата награда се присъжда само в три научни области: физика, химия и медицина или физиология. Опитните физици в Швеция, които контролирали наградата за физика, в ранните ѝ години решили почти незабавно да ограничат наградите, като изключат от тях астрофизиката, астрономията и геофизиката. Но през 1947 г. Нобеловият комитет нарушил своите правила, изключващи астрономията, като присъдил наградата за физика на астрономите сър Мартин Кайл и Антъни Хюиш от Кеймбриджкия университет. Хюиш бил номиниран за “решаваща роля в откриването на пулсарите”. Бърнел никога не се издавала дали била разочарована. Напротив, тя дипломатично се изказала, че откриването на пулсарите ѝ донесло “огромно задоволство, донякъде незаслужена слава”. Още малко било казано едва следващата пролет, през март 1975 г., когато сър Фред Хойл обвинил Хюиш, че е “задигнал” Нобеловата награда, като е пропуснал да отдаде заслуженото на Бърнел. (Хойл е бележит британски астроном, автор на много популярни книги по астрономия, които Бърнел била чела като дете и нещо като “странна птица” в британската астрономия). Неговите изказвания породили шегата, че Нобел означава No Bell - без Бел (Джослин).

Помолена да коментира, Бърнел отговорила: “Малко е абсурдно и той е преувеличил случая. Моята компетентност в астрономията не е толкова добра, както на Хюиш, и аз не оценявах всички рискове - продължих да мисля, че това е звезда, докато някой не ми обърна внимание колко голяма е скоростта на пулсирането”.

Няколко дена по-късно Хойл написал, че “неговите възгледи били само грубо предадени”. Решаваща крачка било откриването на сигналите от Бърнел, а също и смяната на позициите на източника спрямо звездите. “Съществуваше тенденция на неразбиране значението на постижението на мис Бел. Защото то звучи толкова просто - да търси и търси в сред огромна маса записи. Постижението идва вследствие на желанието за размисъл като сериозна възможност за един феномен, който, според целия минал опит, бил смятан за невъзможен ... Бих добавил, че моята критика към Нобеловата награда беше насочена срещу самия Нобелов комитет, а не срещу проф.

Хюиш. Очевидно е, че комитетът не си даде труд да разбере какво е станало в този случай”.

Астрономът Томас Голд от Корнел, първият, който предлага приемливо обяснение на пулсарите, потвърждава възгледа на Хойл. Бърнел заслужавала главния дял от славата, тъй като първа разпознала, че пулсарът се движи по звездно време. “Това е първото солидно потвърждение, че сигналите идват извън Слънчевата система и представлява същинският момент на откритието”. В действителност поне още един астроном е видял същата малка “загадка”, посочена от Бърнел, и я е игнорирал като грешка на машината. “Трябва да го намерите в настроение, за да ви разкаже” - смее се Бърнел. Аз можех да разбера как се е случило”.

Хюиш нито е открил, нито е обяснил пулсарите - отбелязва Джеремайя П. Оустрикър - астроном от Принстънския университет. Ако Нобеловата награда се дава за откритие, както изисква Алфред Нобел, наградата трябваше да включва Бърнел. “Жалко е, че не дадоха наградата на нея. Оказаха се просто хората, които събраха парите за лабораторията, в която тя свърши работата”.

Под въпрос е поставена тънката линия между “пълноценното научно сътрудничество и ръководеното научно изследване, между незаменимия и заменимия научен принос до заслужаващото награда изследване”, както го определя социоложката Хариета Цукерман в своето проучване върху Нобеловите награди в науката. Хюиш подчертавал, че Бърнел е използвала неговия телескоп под инструкциите му при проучване на небето, което той е започнал. По-късно той заявил неофициално пред списание Science: “Джослин беше весело добро момиче, което просто си вършеше работата. Тя забеляза, че източникът се държи така. Ако не го беше забелязала, щяхме да го пропуснем. Самата Бърнел се съгласявала, че “Нобеловата награда се базира на дълготрайни проучвания, а не на хрумването на студент-изследовател. Награждаването ми би обезценило наградата”.

Като квакер Бърнел знаела опасностите от разногласие в малкото общество на британските астрономи и упорито работела, за да го избегне. Тя и Хюиш много внимавали с взаимоотношенията си. Насоченото към тях внимание ги обтегнало.

Във всеки случай няколко други номиниращи групи се спрели на Бърнел. Тя получила мемориалната награда на името на Дж. Робърт Опенхаймър от Центъра за теоретични науки в Маями, Флорида, през 1978 г. Била първата наградена от Американското Астрономическо дружество през 1987 г. с наградата на името на Беатрис М. Тинсли. Кралското Астрономическо дружество я удостоило с медала Хершел през 1989 г.

След кавгите около Нобеловата награда Бърнел се задържала в лабораторията на Мълдърд все още на почасова работа. Тя отговаряла за малък екип, анализиращ данните от високоефективния Британски рентгеново-лъчев сателит. Вместо да регистрира видими леки вълни или радиовълни, сателитът бил насочен към небесни тела, които излъчват в рентгеновата област на спектъра. “Беше изключително ефективен сателит. Ние пътешествахме сред открития. Преди да сме приключили с едно, следваше друго. Беше невероятно забавление” - спомня си Бърнел.

През шестте години в Мълдърд Бърнел едновременно работела и в Свободния университет. Тази институция предлагала задочни уроци на хора, които в своята

младост са пропуснали да получат по-високо образование. “Случвало се е много пъти - казва Бърнел - и аз съм впечатлена и покрусена, заради много способни студенти, които вечер работеха в продължение на 6-8 години, за да защитят степен. Затова редовните студенти ми се виждаха доста разглезени”. За самата Бърнел, която също би пропуснала университетското образование без втора възможност, Свободният университет беше естествен като институция.

Основан през 1969 г. сега това е най-големият университет, даващ образование на 8 % от всички студенти в Обединеното кралство. Отворен за всички възрастни в Европа, без разлика на документите им от гимназията, Свободният университет приема най-голям процент жени и студенти от работнически семейства в сравнение с другите британски университети. Мнозинството студенти са на възраст между 25 и 45 години. Въпреки че четирима от всеки пет не отговарят на изискванията за постъпване в други университети, повече от половината завършват тук. Те учат в къщи по специално подготвени печатни материали с ранни утринни и късни вечерни телевизионни и радиопрограми, аудио- и видеокасети, домашни опитни постановки, изчисления и кратки очни занимания. Преподаватели предлагат специална помощ лично или по телефона.

Бърнел казва: “Много е удовлетворяващо. Те са много запалени, силно обвързани, влагат много пари и време в това. Провеждаме консултации през уикендите или в Шотландия, която е много рядко населена, само по телефона. Обясняването на вектори по телефона е доста трудно. Имах студенти на нефтени платформи, пазачи на фарове, от Хибридските острови. Правеха го главно, за да получат по-добра работа, а някои бяха по майчинство”. Записана като учител, тя можела да стане консултант или гостуващ лектор.

През 1982 г. Бърнел сменя за последен път работата си, за да последва съпруга си. Получава почасова работа в Кралската Обсерватория в Единбург, Шотландия, преподава по договор в Свободния университет и се наслаждава на хоровите концерти, които посещава по време на Единбургския музикален фестивал.



Джослин при радиотелескопа с площ 4,5 акра

В Единбургската обсерватория тя постепенно утвърждава пътя си към административна работа, ръководейки от Шотландия телескопа “Джеймс Кларк Максвел” - голям телескоп на Хаваите. Отново проектът е в нова за нея област: телескопът е проектиран за откриване на субмилиметрова радиовълнова дължина в диапазона между инфрачервените и радиовълните. Субмилиметровите вълни се абсорбират от водните изпарения в земната атмосфера, затова телескопът бил построен на 4200 метра над морското равнище, където въздухът е чист и сух. Бърнел открива, че ѝ харесва администрацията, но скоро била “твърде претоварена”. През 1990 г. тя се преориентира към ръководството на нов проект за инфрачервен сателит.

Нейните премествания я превели от радиоастрономията в Кеймбридж до геофизиката и гама-лъчите в Саутхемптън; до рентгеново-лъчевата астрономия в Мълард и до инфрачервената и субмилиметровата астрономия в Единбург. В допълнение тя работела на земно-базирана, сателитно-базирана, ракетно и балонно-базирана астрономия. Само няколко други британски астрономи имали такава биография според самата Бърнел. От друга страна, широката основа не е пътят, който води напред в научната работа, която изисква дълбочина на познанието. Някои астрономи на нейната възраст, които се захванали с пулсарите ката печеливша страна, били вече постоянни професори в престижни университети.

С годините у Бърнел нараствал интересът към женските дела. Когато пристигнала в Единбург, тя с изненада открила, че в класовете по астрономия имало същия процент жени, както и през 1892 г., когато катедрата по астрономия за първи път допуснала жени. “Каква беше пречката - пита се тя и заключава с облекчение, че “жените играят най-голямата роля в решението. От моя опит знаех, че други жени (твърде често) питаха дали някой наистина се радва да работи физика. Изглежда отношението се диктува от нашите сестри, братовчедки и лели”.

Когато църквите решили да премахнат разликата между половете в езика, тя отначало била раздразнена. “Но постепенно осъзнах... Например позицията ми на “колега” и усилията за завършване на един проект се оценяваха в “човеко-години” като под “човек” се разбираше мъж. Дали подсъзнателният сигнал към младите жени беше, че това не е за тях?”.

“Вярвах, че сходството между половете е по-голямо от различията между тях. Не приемах твърдението, че жените са по-добри в отделни области на работа, а мъжете в други. По-точно е да се каже, че някои хора са по-надарени в известни области от други”.

В Единбург Бърнел започва силно да се съмнява във временната работа. “От моите колежки в Кралската обсерватория разбрах, че ние или възприемаме необичаен домашен ред, или се опитвахме да работим почасово, надявайки се на добрия късмет, което устройваше колегите ни и улесняваше директорите ни; и двата начина изглеждаха доста незадоволителни. Проблемът с почасовата работа е, че жената остава свързана с къщата и с грижата за децата и че такава работа и ниско заплащане по традиция вървят често ръка за ръка”. След години на непълен работен ден, тя заявява: “Имам някои резерви към предпочитането на почасовата работа”.

На 10-годишна възраст синът ѝ се разболял сериозно. Диагнозата била “младежки диабет” и му предричала спиране дейността на панкреаса и ежедневно поддържане на живота с инсулинови инжекции. Един добронамерен приятел изпратил на детето ободрителна картичка с текст: “Надявам се скоро да си във форма и като нов!” Детето не било глупаво, разбрало добронамереността на поздравлението, но знаело, че няма да бъде “като нов” отново. Това накарало майка му да мисли за ролята на хората, които не изчезват, кризи, които не свършват и за хора, които са “отхвърлени от живота”.

Неудовлетворена от съвременното обществено внимание към успеха, здравето, богатството и постигнатото, Бърнел се борела против “кухия оптимизъм, където всичко е страхотно и велико винаги и не се допускало нищо друго”. Отчасти това е реакция към болното дете-диабетик, отчасти към Северна Ирландия, която не се стремяла към бързото си реформиране и, може би, отчасти заради напрежението да съчетава кариера и брак, което се превръщало в нарастващо незадоволяващ компромис от научна гледна точка.

Все пак проблеми като провал, напреднала възраст, болест, бедност, несправедливост и жестокост не са отминали. Първата сполетяла я мисъл, когато баща ѝ умира след операция, била “Върнете му живота”. После осъзнала истината. Такава болка никога не изчезва.

След три и половина години борба с чувствата си, тя ги изложила в лекция пред годишната среща на Приятелите на науката в Абърдийн през 1989 г. Лекцията била незабавно публикувана от квакерската служба в Лондон като листовка озаглавена “Родени за живот”.

“Можете ли да откриете цялост, включваща болка и готовност за страдание?”, питала тя. Ако Господ е обичащ, загрижен за света Бог, защо има страдание? И защо толкова много се стоварва върху невинни хора.

В книгата си тя предлага възможно решение на тези вечни въпроси. Въпреки че не желала да изостави идеята за благия Бог, можело да се окаже, че Бог не управлява света. “Ако светът не се ръководи от Бог, тогава случващите се бедствия не могат да се приписват на него. Може би Бог е решил, че ние сме отговорни възрастни, на които е дадена свободна воля и им е позволено да се разбираме с живота без вмешателство ... Бог все още упражнява влияние над света, но само чрез хората, чрез тяхното отношение и това, което вършат, чрез тяхното лечение и помирение”.

Като физичка Бърнел смята, че такава случайност е успокояваща. Тя се съгласува със случайността и неопределеността, които според съвременните физици са в сърцевината на всичко и изглежда са част от “даденостите на света”. Всъщност тя приема тази идея като “освобождаваща човека от принудата на възнагражденията и наказанията, справедливото и несправедливото, причината и следствието”.

Понякога се смята, че религията предлага лесен лек за болката. Имай вяра и Бог ще успокои болките ти ... Но да се изкорени изцяло всяка трудност не е част от договора” - е нейният извод. Безнадеждността е основна съставка на живота. “Страданието ни прави зрели и по-чувствителни към другите; тогава чрез дребни деяния и добронамерени действия ние можем да взаимодействаме чрез съчувствие, успокоение и

взаимна помощ ... Болката не е част от Великия план и няма да доведе до смислен край, освен ако ние не работим за това”.

Подзаглавието на “Родени за живот” - С. Джослин Бърнел - не съдържа и намек за Джослин Бел, която е открила пулсарите. Тази част от живота ѝ не е съществена. Но скоро след написването на книгата бракът на Бърнел се разпаднал. Както тя се шегувала: “Аз използвах зле моминското си име. Открих пулсарите като Бел и се омъжих. Написах книгата като Бърнел и се разведох”.

Изграждайки живота си отново и търсейки първата си постоянна работа за две десетилетия, тя се чудела дали е било правилно да работи така през всичките тези години. Би ли го направила отново? “Не мисля, че бих се справила с този въпрос точно сега” - отговаря тя.

През 1991 г. Бърнел си намерила нова работа и напуснала Единбърг. Преместила се в Милтън Кинис, нов английски град, за да стане професор по физика в Свободния университет. Била първата ѝ постоянна целодневна работа за повече от 20 години. Положението ѝ - повече на физик, отколкото на астроном - свидетелства за лека промяна в насоката, но не повече от това. И по-важното: тя щяла да помага на други да имат втора възможност - или първа, каквато никога не са имали. Тази работа дава на самата нея втора възможност. Нейната предишна работа за Свободния университет, многобройните ѝ премествания и обширните ѝ познания по астрономия се оказали предимства. Те може да не са я подготвили за чисто научна кариера - тя винаги избягвала да пътува, за да ѝ остава време за преподаване, социална дейност и хората, но те я подготвили за професурата в Свободния университет. Тя е третата жена, станала професор по физика в Обединеното Кралство.

Превод: М. Кирчева; Редакция: М. Бушев

“Nobel Prize Women in Science”, Sharon Bertsch McGrayne

ПРОФЕСОР ЛЕОН МИТРАНИ

(1921 – 2001)

За професор Леон Митрани е казано и писано много, но то не изчерпва описанието на характера и дарбите на големия български физик, който не е вече между нас. Самият той говореше публично и пишеше активно, изпълнен с нови идеи и мисли, които правеха общуването с него истинско удоволствие за тези, които го познаваха. За прощаване се присъединяваме към словото на един от неговите ученици – главния научен секретар на БАН професор Наум Якимов, произнесено на погребението на Леон Митрани на 3 октомври тази година.

В живота на всеки човек настъпва часът, в който той се изправя лице с лице с вечността. За професор Леон Митрани този час дойде. Всички ние – негови приятели, колеги, студенти, ученици и следовници, ще продължим да живеем – както той казваше – с чувството, че сме безсмъртни. Така живя и той, независимо, че познаваше тази човешка слабост.

Митрани си отиде от нас така внезапно, неочаквано и всички останахме изненадани от преминаването му към вечността. Той не обичаше изпращания като днешното и се надявам да ни прости, защото днес не се срещаме с него, за да си спомняме, а за да ридаем и да произнасяме думи на съболезнования.

Срещата ни е в предверието на вечността, в която всеки от нас ще премине, а надеждата ни е да го сторим макар и с нищожна част от достойнството, уважението, обичта към хората и приятелството на професор Леон Митрани.

На добър час, Учителю!

ТРИЪГЪЛНИК НА МИСЛИ

Ален Кон, Андре Лишнеровиц, Марсел Пол Шюценберже

Част IV

Глава VIII. Разсъждения за времето

[По повод задачата за доказване, че има прости числа с повече от 1 милион цифри разговорът стига до съпоставка между човека и (супер)компютъра и особено в контекста на времето. По-нататък разсъжденията са около различните аспекти на проблема за времето. Бел. прев.]

Ален Кон - Ако съм те разбрал правилно, ти смяташ, че компютърът не притежава способността за абстракция, необходима за решаването на задачи, в които се налага да бъде привлечен методът на индукцията.

Марсел Пол Шюценберже - Точно така, компютърът не знае какъв е бил и какъв ще бъде. Той функционира в перманентно настояще. Съществува теза, която не смятам за общоприета, защото всяка формулировка ограничава тезата и подбужда критиките към нея, но все пак смятам, че вече никой не я отрича. Тя е следната: живото същество може да бъде идеално и напълно описано от физическото състояние - природата, положенията, мигновените скорости на молекулите, които го съставят, - и следователно параметрите на това физическо състояние определят неговите силови полета, градиентите, вътрешните потенциали, така че законите на физиката и химията са абсолютно подходящи и позволяват идеално да се изведат неговите реакции във външната среда.

А.К. - Това е материалистическа теза, която ми е дълбоко чужда. Разбира се, че законите на физиката и химията са валидни също и за живите същества, но защо трябва да редуцираме едно живо същество до някакво твърде малко вероятно физическо състояние на съвкупност от молекули!

М.П.Ш. - Обратната теза със сигурност се отхвърля от всички биолози на Академията. Според мен материалистическата теза се отрича от обсъдения по-горе пример, доколкото Евклид е бил живо същество и той е успял да направи това, което небιологичният суперкомпютър не може.

А.К. - Тук стигаме до един централен въпрос, който съставя ядрото на моята дискусия с Жан-Пиер Шанжо¹. Готов съм да твърдя, че прекият достъп до безкрайността, който характеризира разсъжденията на Евклид, а в по-зряла форма и тези на Гьодел, в действителност е такава черта на живото същество, която

¹ Jean-Pierre Changeux et Alain Connes, *Matiere a pensee*, Paris, Odille Jacob, 1989. (Вж. бълг. превод: Жан-Пиер Шанжо, Ален Кон, *Мислещата материя*, София, Херон Прес, 2000. - Бел. прев.)

противоречи на редукционисткия модел. Подобна аргументация развива и Роджър Пенроуз².

М.П.Ш. - Ако едно живо и разумно същество можеше да бъде напълно описано, то би живяло в перманентно настояще - подобно на компютъра. Така че биологичните явления и особено интелектуалните показват, че ние не живеем в перманентно настояще. Аз никога не живея в настоящето и знам своето минало.

Трябва да призная, че аргументът за компютъра е мой. Този за идентификацията, съгласно който знам, че аз съм аз, принадлежи на Хусерл и го заимствах от една много приятна сказка на Рота върху тази тема. Феноменологията на Хусерл поставя в същност идентификацията като основен аргумент на онова нещо - едновременно разумно и мъгляво, - което той нарича своя логика. Според мен това е твърде интересно. Но е сигурно, че процесът, благодарение на който узнавам, че аз съм аз, е нефизичен. Моят единствен принос е аргументът за компютъра.

А.К. - Биологичните или интелектуалните явления не се разполагат в перманентно настояще просто поради необратимостта на физическите явления. В класическата физика това става съвсем ясно след Болцман, а по-късно се проявява във всички конкретни модели на хаотични физически системи. Мисля, че перманентното настояще, за което говориш, е в основата си математическо по своята природа, защото аз не виждам нищо във външната физическа реалност, което да притежава някаква перманентност. Това е невъзможно поради принципите на термодинамиката.

Никога не се обяснява достатъчно ясно влиянието на хипотезата за перманентността върху нашата логика. Перманентността, за която ти говориш, играе важна роля в доказателствата, доколкото позволява един и същ факт да се използва безкраен брой пъти, без това да го изхаби. Съществува един нов вид твърде оригинална и много привлекателна логика - това е линейната логика на Жан-Ив Жирар³, която се освобождава именно от тази перманентност и изисква сериозно да се обсъжда нейната роля.

Но да се върна към редукционизма. Когато някой казва, че "индивидът се свежда до положенията и скоростите на съвкупност от молекули", той вече използва модел на външната реалност. Обаче не трябва да се смесват модел и реалност.

М.П.Ш. - Искаш да кажеш, че действителността е безкрайно по-богата от нашите модели?

А.К. - Да и със сигурност ни готви още много чудесни изненади. До възникването на квантовата механика хората наистина са могли да имат подобно схващане.

Андре Лишнеровиц - Биолозите са последните, които биха могли да прилагат съвременните физически закони. Знае се, че никой индивид не притежава нито една от първоначалните си молекули. При това положение какво може да означава непрекъснатостта на индивида?

² Вж. "СФ" 21/98, № 2 ("Какво е разумът? От гледна точка на физика"). - Бел.прев.

³ Jean-Ives Girard, "Linear logic: its syntax and semantics", in: Jean-Ives Girard, Yves Lafont, Laurent Regnier, *Advances in Linear Logic*, London Mathematical Society, Lecture note series 222, Cambridge, Cambridge University Press, 1995, p. 1-42.

А.К. - Напълно си прав. Единствената същност, която остава, е схемата на организацията и подреждането на тези молекули и тук, разбира се, си спомняме за генетичния код на живото същество. Тази схема е някаква абстрактна същност, но именно тя характеризира индивида - много повече от физическото състояние, природата, положенията и моментните скорости на молекулите, от които е съставен.

М.П.Ш. - Би трябвало да се опитаме да охарактеризираме онова, с което живото същество се отличава от компютъра, чието съществуване е в безвременно настояще. Кой прави така, че ние да се вписваме във времето в качеството си на субекти?

А.К. - Ако се опитаме да разглеждаме времето като някаква очевидност, като даденост, много бързо ще се окажем в порочен кръг. Не можем да избегнем предварителната дискусия върху плурализма на концептуалните модели на времето. Това е възможно едва след като съумеем да дадем точна формулировка на неперкъснатостта на субекта или на неговото вписване във времето.

А.Л. - Да започнем с формализацията на времето във физиката.

А.К. - Времето в Нютоновата механика се моделира от нещо, което математикът би нарекъл "афинна права", т.е. права, върху която няма привилегировано начало. В класическата механика времето служи като параметър.

Вторият етап е революцията на специалната теория на относителността. Новото е забавянето на времето. Ще посоча един поразителен пример за забавяне, което се наблюдава експериментално. Когато космичен лъч попадне във високата атмосфера, да речем, на височина 20 km, това причинява лавина от реакции и в частност възникването на неустойчива частица, наречена "мюон". Мюонът има същите квантови числа като електрона, но е твърде неустойчив, неговата продължителност на живот е около $t = 1,5 \mu s = 1,5 \cdot 10^{-6} s$. Удивително е, че въпреки краткия си живот голям брой мюони стигат до земната повърхност, където могат да се регистрират. Всъщност даже ако се движи със скоростта на светлината, мюонът като че ли ще измине най-много разстоянието, равно на произведението $t \cdot c$ на неговото време на живот и светлинната скорост, а това дава приблизително 500 m. Това не би позволило на мюоните да стигнат до земната повърхност. Но ставащото в действителност, което позволява да осъзнаем специалната относителност, е забавянето на времето с фактора $(1 - v^2/c^2)^{-1/2}$, който в случая е от порядъка на 40 . Фактически в големите ускорители на частици се стига до скорости, толкова близки до скоростта на светлината, че видимото време на живот на мюоните може да стане от порядъка на една минута. Този пример ясно показва, че забавянето на времето не е просто една поправка, която може да се пренебрегне в първо приближение. За скорости, близки до тази на светлината, забавянето може да бъде значително. Абсолютното време на Нютон вече няма смисъл в теорията на относителността, абсолютното време е изчезнало. Но преминаването от едно време към друго се осъществява с помощта на афинна трансформация, т.е. разтягане и транслация. Единствено пространство-времето запазва абсолютен смисъл. Може още да се говори за пространствено-времени интервал между две събития; този интервал може в зависимост от случая да бъде от времеви тип или от пространствен тип. Когато интервалът е пространствен, събитията са каузално независими, както беше обяснено

в дискусиата ни върху квантовата механика.

Третият етап е този на общата относителност. Този път пространствено-времевият интервал между две много близки събития е крива с Лоренцова метрика. Но тук възниква една нова концептуална трудност поради инвариантността на теорията относно дифеоморфизмите.⁴

В частност, ако напишем уравненията на ОТО в Хамилтонова форма, ще получим система със сили на връзки, които още Дирак е разгледал, но е било забелязано, че самият хамилтониан представлява комбинация от сили на връзки (казано технически, той се анулира слабо). Това означава, че хамилтонианът губи смисъл по отношение на физическите състояния и затова сме принудени напълно да отхвърлим наивната идея за еволюционна система.

Разбира се, бихме могли да продължим да избираме някаква координата от пространство-времето и да я наричаме "време", но това би ни дало твърде малко, тъй като няма никакъв привилегирован избор на такава координата. Изобщо казано, върху многообразието на пространство-времето не съществува векторно поле, което да прилича на генератор на еволюцията във времето. По-добре е да се дефинира време относно някакво привилегировано термодинамично състояние, каквото е например реликтовото лъчение на Пензиас и Уилсън. В действителност съществува връзка между времето и термодинамиката, в частност между времето и температурата, която е твърде съблазнителна. Тази връзка може да се резюмира със следната фраза: "Ако времето тече, то е защото ние сме в термичната баня на първичното лъчение при три градуса по Келвин". Накратко казано, имагинерното време е обратната абсолютна температура (тук, разбира се, участва коефициент на пропорционалност, който включва константата на Болцман k и Планковата константа).

А.Л. - По едно време започнах да се интересувам от зависеща от времето квантова динамика. Установих, че написаното по този въпрос и в най-изтънчените публикации е или противоречиво, или идиотско. Взимам един конкретен пример: имаме лазер и човекът, който го включва и постепенно увеличава мощността му ... Как да се опише това? Става дума за нещо съвсем конкретно - нещо, което се прави ежедневно. Гледано съвсем от близо, се вижда, че трябва да се въведат две времена: динамичното време на разглежданата квантова система и времето на оператора, който работи с лазера.

Когато разполагаме с тези две времена, описанието е съгласувано и крайният резултат е доста любопитен, защото данните от измерванията зависят от само една променлива, която е сума от двете времена.

М.П.Ш. - Това е вълшебството на формализма!

А.Л. - Да! Не можах нищо да направя, но и не това търсех. Казвам всичко това, за да подчертая, че времето във физиката е по-сложно, отколкото смятат физиците.

А.К. - Това, което казваш, е много интересно, защото подобни разсъждения са изиграли роля при разработването на квантовата електродинамика. Когато Дирак

⁴ Дифеоморфизъм - взаимно еднозначно изображение на две топологични пространства, за което правото и обратното изображение са диференцируеми. - Бел. прев.

открива уравнението, носещо неговото име, с което да се описва по релативистичен начин водородният атом, той забелязва, че за по-сложните атоми, като например този на хелия, се налага да бъдат въведени няколко времена, за да се запази релативистката инвариантност, фактически за всеки електрон се въвежда свое време. Тези времена се приравняват едва в края на пресмятанията. Това е Дираковата теория на множествените времена.

Идеята е подхваната от Томонага и Шуингър⁵ и изиграва важна роля в създаването на квантовата електродинамика. В този случай става дума за теория на полето и вместо да имаме различно време за всяка частица имаме различно време за всяка точка от пространството. Ако не се лъжа, на Шуингър тази идея му е хрумнала, когато е бил на шестнадесет години. Фактически е забелязано, че да се припише различно време на всяка точка от пространството е равносилно на такава модификация на пространството в пространствено-времето многообразие, за която точките вече са каузално независими. Така теорията на полето позволява да се възстанови релативистката симетрия между пространството и времето, тъй като времето в квантовата механика или в уравнението на Шрьодингер не стои добре - макар да е реален параметър, в сравнение с пространството то участва по твърде несиметричен начин.

Но да преминем към психологическото време - онова, което познаваме от житейския си опит. За осмислянето на това интуитивно понятие биха могли да се използват редица математически представи. Например, когато Марко говореше за паметта, той подразбираше свързаността на правата линия; ако моделираме времето по най-прост начин с помощта на права, то ще има свойството свързаност, т.е. нещо като нашата памет за самите нас ... Първото свойство на времето е неговата свързаност.

М.П.Ш. - Има ли различие спрямо пространството?

А.К. - Няма, на наивното равнище, на което се намирам; мисля, че същото схващане за свързаност, свойството да бъдеш един и единствен, да не си разложим на множество несвързани части, освен ако не попаднеш под гилотината, е еднакво важно и за пространството.

Времето, което сега искам да обсъдим, не е времето на физиката - това е психологическото време, времето на субекта. Ясно е, че за него може да се конструира научен модел, но когато прекалено много се вярва на научния модел, се допуска същата грешка субектът да се редуцира до сбор от молекули в пространството. Искане ми се да преминем на друго ниво. Да обсъждаме субектното време. Бих предпочел да привеждаме образи ...

А.Л. - Преди това обаче трябва да се каже, че това е ориентирана права.

А.К. - Съвсем не, възразявам решително срещу разбирането, че нашият субективен модел на времето трябва да бъде същият като този на физиката, ориентирана права

⁵ Вж. статиите на Томонага и Шуингър в *Quantum Electrodynamics*, New York, Dover, 1958. (Вж. също статиите в сборника *Новейшее развитие квантовой электродинамики*, ИЛ, М., 1954. - Бел. прев.)

А.Л. - Говоря като физик.

А.К. - Съгласен съм, но аз се опитвам да използвам математически модел, който ще ми позволи да разсъждавам за времето по-продуктивно и в личен план по-задоволително отколкото е това нещастно едномерно време, на което приписваме нашето съществуване и което за мен е съвсем неприемливо. Мисля, че е възможно да намерим такъв модел на субектното време, който би бил по-малко ограничителен и редуکتивен от тази ориентирана права.

Първият пример за модел, който бих предложил и който все пак е малко нещо опростен, е разлистването на Кронекер - права, която се намотава по ирационален начин върху тор, който може да има много голяма размерност. Говоря за него, защото повечето отправни точки, които ни позволяват да почувстваме и да контролираме времето, са цикличните ритми и не само нашите биологични ритми. Съществува огромен брой ритми, всеки от които представлява някаква променлива, която се намотава върху окръжност. Часовникът очевидно е цикличен, но не е единствено дневният ритъм - има още много други, които се наслагат един върху друг, които фактически придават на съществуването видимата повтораемост, седмиците, лунната ритмичност, сезоните ... Това са множествени повтораемости, които, без да са непременно съизмерими, правят така, че бихме могли да си представяме интуитивното време като многомерен тор. Той има толкова измерения, колкото са цикличните времена като денонощен ритъм, сезонен ритъм, лунен и т.н. Ако проследяваме траекторията на даден субект, това време, разбира се, може да се сравнява с линейното време на физиката, което се намотава около този тор. Тъй като това намотаване в крайна сметка е ирационално, в нашата траектория ще могат да се намерят почти всички възможни комбинации от стойности на цикличните времена.

Иска ми се да изясня с помощта на мислен експеримент по какъв начин нашето усещане, че времето тече, се съчетава с усещането ни за тези циклични времена и особено за нашите биологични ритми.

М.П.Ш. - Щом като се допираме до човешки аспекти, много трудно ще избегнем чисто философските проблеми ...

А.К. - Не се опитвам нито да заобикалям, нито да избягвам философските проблеми и на драго сърце бих приел, че стремежът на философите е стремеж към яснота. Опитвам се да разсъждавам по тези проблеми с по-малко редуktionни модели. Но например езикът на геометрията, който позволява да се говори за свързаност или предлага по-точно описание на някаква мисловна конструкция, би трябвало да отваря значително по-голям простор за въображението, отколкото прави това езикът на философията.

М.П.Ш. - Това съответства на амбицията на моя приятел Рота: да построи металогика с помощта на понятия, които не са така бедни на съдържание, но са по-неопределени и по-обща и които въпреки това биха позволили да се правят логически разсъждения. А ти се интересуваеш от възможността да се построят по-малко наивни модели.

А.К. - Поне да знаем за какво говорим!

М.П.Ш. - Струва ми се обаче, че веднага ще стигнем до смисъла на думите.

А.К. - Няма, ако се използват математически термини.

М.П.Ш. - По едно време аз много се заинтересувах от проблема за времето в граматиката на ескимосите. Но трябваше да се откажа. Моите понятия не бяха подходящи, те не ми позволяваха да кажа каквото и да било интересно. Питам се дали не е практически нерешим дори простият проблем за съществуването на субектното полициклично време и на неговата социализация.

А.К. - Не непременно. Множествените цикли имат за начало биологичната периодичност, която е обща за извънредно много на брой различни субекти. Например денонощната периодичност.

М.П.Ш. - Това са ефекти на принуденото време.

А.К. - Ако искаш, именно географската близост налага кохерентността и именно тя е причина в дадено конкретно общество неговите различни параметри да са във фаза. Всеки път, когато бъде съкратен броят на цикличните параметри, се намалява "жизненото пространство", което е на разположение на отделния субект. Признавам например, че съм твърде чувствителен спрямо прекия допир със сезонните изменения, които иначе се засенчват в условията на градския живот.

Може да се направи едно много забавно наблюдение: да се изясни как варира наивното възприятие за времето при представителите на различни цивилизации. Забелязано е, че англосаксонците са свързани много повече с линейното време, отколкото са средиземноморските цивилизации, които са по-близки до полицикличното време.

М.П.Ш. - Расист!

А.К. - Ни най-малко! Аз не казвам, че едното е по-добро от другото. В испанската литература времето на отделната личност не е едномерно - това е време на възвръщането, връщане на сезоните, на слънцето, това е време, в което натрупването, свързано с остаряването, не става по печално бюрократичен начин. Научният аскетизъм води до значително обедняване на възможностите на поетичната по своята същност природа, която съдържа в себе си наивното възприятие за времето. Но, както разбирам, ти се отнасяш скептично към това.

М.П.Ш. - Обичам, когато някой с настървение ми привежда аргументи в полза на едно твърдение, за да ме убеди, че то е по-вярно от обратното.

А.К. - Моето твърдение е, че едномерният модел на времето е прекалено редукативен за времето на отделната личност. Не може философски да се осмисли какво представлява собственото време на субекта, след като то се проектира върху времето на физиката. По-скоро бих казал, че дефиницията на личността, на "Аза", би трябвало да е тясно свързана с идеята за собствено време.

М.П.Ш. - Не ми се вярва, че мисълта протича в мозъка, склонен съм да мисля, че всичко става в някакъв универсум, който вероятно остава непознаваем и спрямо който нашите категории са крещящо неадекватни. Все пак според мен най-важното нещо е да се изнамерят макар и погрешни, но остроумни модели.

А.К. - Ще ти предложа един модел в отговор на твоите въпроси. Вселената, в която ти се разполагаш и която не е външната реалност, е тази на езика. Приемаш

ли?

М.П.Ш. - Няма вселена на езика.

А.Л. - Аз вече не знам в коя вселена сте вие.

А.К. - Бих казал "вселена на думите". Просто, за да я нарека някак.

М.П.Ш. - Това не е вселена на думите, това е вселена на духа, в която съществуват някакви същности, в частност аз, и те извършват различни действия.

А.К. - Какви могат да бъдат тези същности, ако това не са думи? Какви други действия могат да се извършват?

М.П.Ш. - Аз там се разхождам, натъквам се на разни обекти, не знам кои от тях реално съществуват, но те имат своите имена в обикновения език, подчиняват се на закони, които не са тези от подлунния свят, не принадлежат на физиката. Не знам до каква степен за тях може да съществува собствено време. Не мога да кажа нещо много по този повод, защото повечето от интелектуалните действия не могат да бъдат описани в термините на физиката и химията. Мисля, че биха могли да съществуват същности, за които например мащабът на времето да е несравнимо по-разтеглен от моя.

Не виждам как би могла да се обясни биологичната еволюция без силите, които действат във функция от времето, в мащаби на времето, които се простират върху милиони и милиарди години. На драго сърце бих повярвал същото и за физическата вселена. Когато се занимавам с математика и когато откривам връзки между обектите, за които вярвам, че съществуват - това не се отнася за всички математически обекти, - аз вярвам, че съм открил нещо, подобно на цвете на върха на планина в тази вселена; не аз съм го създал - то съществува независимо от мен. Много често съм вярвал, че определени обекти съществуват и това са цветя върху хартията или отражения върху водната повърхност; не разполагам с достатъчно солиден критерий за това какво съществува и какво не съществува. Съществуват правила, закони на физиката, действащи между тези обекти, които правят невъзможни някои твърдения и които могат еднакво добре да се отнасят както за интелектуалните процеси, така и за явленията на морала.

А.К. - Изцяло споделям твоето схващане. Но това е друга тема.

Искам да се върна на моя проблем и да предложа една провокативна дефиниция на "Аз". Не бих могъл да я дам, без заедно с това да дефинирам "универсалния Аз". Ще се опитам да дам много конкретна дефиниция. Това просто е дискретната информация, кодирана във възпроизводимата генетична информация. Универсалният "Аз" е онова огромно генеалогично дърво, част от което сме и ние ...

М.П.Ш. - Това е геномът на абстрактния човек.

А.К. - Това е и смятам, че не бихме могли да си го представим, без да си мислим за абстрактното "Аз" ...

Сега ще се опитам да дефинирам себе си в качеството ми на субект. Разглеждам себе си като своеобразен превод, като материална реализация на това абстрактно "Аз" при неговото взаимодействие със света на физическата реалност. Но при това взаимодействие се поражда и моето собствено време и цялата трудност е то да се моделира.

М.П.Ш. - Великолепно! Това е отлично, с такова твърдение ти не рискуваш да бъдеш жив изгорен. Това ми се струва един чудесен прочит на Генезиса, почти както и аз съм го разбирал.

А.Л. - Марко, вие ни обещахте доказателство за съществуването на Бог!

М.П.Ш. - Не, доказателството за съществуването на Бог вече е представено. Вечното настояще на физическия свят е недостатъчно, трябва още нещо и освен това възниква проблемът за броя на нивата на сътворяването. Съществува осъзнаване на времето, но съществува и осъзнаване на осъзнаването на времето, а това не са едни и същи неща.

А.К. - Защото то се нуждае от думи.

М.П.Ш. - Имам някои резерви относно проблема за езика, защото съществуват реалности, които не са вербални, например музиката. Мисля, че при слушане на определени музикални пиеси музикантът има впечатлението, че музиката му говори нещо и че думата, която му е нужна, за да изрази това, е на върха на езика му, но той не може да преведе възприятието си в думи, без при това значително да го обедни.

А.К. Той може и да не разполага с точната дума, но музиката му говори нещо.

М.П.Ш. - Думата е на върха на езика му, но той така и не я произнася. Какво изпитваме, когато слушаме една или друга музика? Когато се опитваме да го предадем в думи, се получава някаква глупост. И все пак това е безспорна реалност.

А.К. - При все това музиката може да се предава и да се възпроизвежда. Тя прилича на език.

М.П.Ш. - Да, но съдържанието на посланието не може да се вербализира.

А.К. - Това не пречи тя, подобно на обикновения език, да се записва, да се произнася и да се предава.

М.П.Ш. - Открих един пример, който ми се струва великолепен. Прочетох го в публикация на Джордж Стейнър - английски литературен критик, роден във Франция. Той твърди, че музиката на Вагнер е можела да се използва от нацистите, докато музиката на Моцарт не им вършела работа. Разказва как някакъв прочут пианист изпълнил "Нощен Рейн" и неговата интерпретация прозвучала на Стейнър като нацистка.

Дефиницията на езика като средство за общуване не е достатъчна, за да го охарактеризира. Например езикът съдържа въпросително наклонение; как да обясним в термините на формалната логика какво е това да се зададе въпрос? Това съвсем не е очевидно, ние можем да си представим такава система за общуване между хората, в която да не са измислени въпросителната, съобщителната и перформативната форми. Съществуват изрази, които са истинни само поради факта, че те са произнесени. Например "обещавам да дойда" е обещание, че говорещият ще дойде. Подобни твърдения няма много. Това са т.нар. "перформативи"⁶. Как бихме могли да изразим във формалната логика идеята за перформативност? Това е абсурдно

⁶ Перформативен е глагол (от типа на "обещавам", "обявявам", "предлагам" и т.н.), който със самото си произнасяне в първо лице сегашно време осъществява означеното от него действие. Перформативно е изказването, което представлява действие, а не само описание на нещо. - Бел. прев.

изкълчване. Доникъде няма да стигнем.

А.Л. - Това е напълно чуждо на формалната логика.

А.К. - Но не означава, че не се поддава на формализация. Линеината логика на Жирар позволява по съвършено реалистичен начин да се формализират тънкостите на езика, за които традиционната логика не държи сметка.

Тъй като в съвременната математика може да се намери модел на линеината логика, този пример показва ясно, че понятие като това за перформативност, което на пръв поглед е чуждо на формалната логика, може идеално да бъде формализирано.

М.П.Ш. - Трябва да правим разлика между нашата логика и силогистичната логика. Догматиците от Средновековието са злоупотребявали със силогизмите, узурпирали са всички форми на логическо разсъждаване и тази грешка все още ни преследва.

А.К. - Логиката еволюира ... Аз съм възхитен от връзката между обичайния модел на времето и последователния характер на записване на езика. Това записване е идеално пригодно към асоциативната алгебра в смисъл, че условието за асоциативност означава просто възможност да се запише произведението на елементите на дадена асоциативна алгебра, без да се безпокоим за скобите. Например $((ab)c)$ представя същия елемент като $(a(bc))$ и затова се записва просто като abc . Това съвсем не върви при комутативността и последователният запис запазва реда на членовете в произведението, което е идеално за некомутативното произведение. Последното се осъществява в реда, в който членовете са записани, и ху не е равно на ух.

М.П.Ш. - Така е със записа, той кодира много ясно алгебрата, но каква е връзката с времето?

А.К. - Това е проблем, който е вълнувал Хамилтън. Има един математически факт, който направо смайва: дадена некомутативна алгебра поражда, естествено, някаква група с параметър на автоморфизмите, който създава еволюция, завъртане по такъв начин, че преминаването от ху към ух съответства на онова, което дава еволюцията за чисто имагинерната стойност $t = -1$ на параметъра t на групата на еволюцията. Трябва да бъдем малко по-прецизни и да не задаваме еволюцията, преди да сме избрали някакво състояние върху алгебрата, но получената алгебра се изменя единствено от вътрешните автоморфизми, които в определен смисъл са невидими. Струва ми се, че именно там е ключът на връзката между времето и алгебрата, която Хамилтън търси. Заедно с физика Карло Ровели написахме статия, в която този математически факт се съпоставя с връзката, за която говорих по-горе, между времето и термодинамиката.

Една от причините, поради които е много трудно да се отървем от едномерния модел на времето, е в това, че езикът е заложник на последователното записване. Но има открити възможности. Например числените процедури за решаване на обикновени диференциални уравнения включват една група на еволюция, която е значително по-богата от нашия едномерен модел на времето.

М.П.Ш. - Записът на музиката последователен ли е?

А.К. - Не мисля. Музикалният запис позволява едновременно развитие на

няколко теми. Едновременно могат да съществуват няколко мелодии и диалог може да се установи на момента; полифонията е диалог, но не последователен, а едновременен. В този смисъл ми се струва, че музиката е скица на език, който не се записва последователно, а многомерно; това е език, който ние не сме способни, с изключение само на някои музиканти, да използваме като средство за обмяна на фактологична информация, доколкото всичко фактологично се записва в последователност. Но дали логиката би могла да се пригоди към музикалния език?

А.Л. - Би могло да се смята, че никога няма да се пригоди. Природата ѝ е такава, че тя никога няма да излезе вън от едномерното време.

А.К. - Не съм сигурен. Има хора, които са способни при слушане на опера да следят едновременно няколко гласа; това не може да се пренесе в литературата. Именно затова Виктор Юго е завиждал на Джузепе Верди.

М.П.Ш. - Но ти не можеш да сравняваш впечатления, които слушането на музика създава у различни хора.

А.К. - Още не.

А.Л. - "Още не" ми изглежда доста оптимистично.

М.П.Ш. - Обясни ми, Ален, ти чертаеш развитие на човечеството; защо си склонен да виждаш развитие, а не споделяш възгледа за статичност?

А.К. - Лесно си представям епохата, когато написаното не се е четяло наум, а се е предавало чрез прочитане на глас, така че е бил нужен четец. Четецът е имал аудитория и тя е научавала каквото може от прочетеното. Епохата, когато човек си купува книга, която може да прочете наум, е по-късен стадий. Големи групи хора отиват на концерт, за да слушат даден пианист. Този стадий на музиката е същият като стадия на четенето на глас, когато текстът се предава само чрез издаване на звуци. Убеден съм, че след този стадий ще последва друг. Преди време присъствах, когато диригентът Солти обясняваше как подготвя даден концерт. Той не сяда пред пианото и не слуша изпълненията на свои колеги; той просто взема партитурата и в продължение на часове се задълбочава в мълчалив прочит на музикалната пиеса.

М.П.Ш. - Това е интересно. Другояче казано, ти предвиждаш възможността за чисто писмена музика ...

А.К. - ... и тя ще се изписва във време, което вече няма да е последователно, защото партитурата е множество от акорди, едно преплитане, което, естествено, се проектира върху физическото време, но очевидно еволюира в пространство с по-голяма размерност и предоставя свободно поле за изменяемост, която е много по-адекватна за описанието на субектното време. Полицикличният модел, за който говорих по-рано, е доста по-малко гъвкав и може да представя само монотонната част, режима на възвръщаемост в субектното време.

М.П.Ш. - Епохата на мълчаливия прочит трябва да е започнала през XI или XII век в манастирите на бенедиктинците, тъй като монасите не е трябвало да правят много шум при четенето. Малко по малко се стига до стадия на четенето наум. Но можеш да си сигурен, че нормалното четене за свети Августин е било на висок глас, макар че се съобщава за изключителен случай на мълчалив прочит. Известно е в кой момент е започнало обучението за четене наум. Това е твърде любопитно като

явление.

А.К. - Един глас лесно се чете, но диригентът има пред себе си запис на полифония, която много по-трудно се чете.

М.П.Ш. - Възможно е ... но аз не виждам паралела между двете неща.

А.К. - Паралелът е следният: музиката все още се намира в примитивен стадий, много по-примитивен от този на неговоримия език.

А.Л. - Музиката е толкова древна, колкото е езикът. Струва ми се, че съществува една специфична трудност, за да се осъществи това, което искаш. Тя е, че полицикличното време трябва да бъде социално време, а това не е очевидно.

А.К. - Разбира се!

А.Л. - Бих се съгласил, че субектното полициклично време е нещо доста ясно, но социалното полициклично време ми се струва много по-сложно.

А.К. - И все пак то би могло да се формализира от музиката.

М.П.Ш. - Ти разглеждаш музиката като автономна спрямо езика, но все пак с достатъчно формално сходство; според теб може да се предполага, че еволюцията на езика би могла да служи като модел за еволюцията на музиката.

По повод езика на драго сърце ще се присъединя към тезата на моя приятел Грос: езикът по-скоро започва от поезията, отколкото от граматиката, благозвучието играе съществена роля.

А.К. - Ти подкрепяш моето схващане, защото аз искрено вярвам, че музиката е едва в началото си, в стадия на благозвучието. Предполагам, че ще дойде времето, когато човекът ще започне да се приучва към полифонични ситуации, в които има съществуване на няколко гласа, на няколко състояния, докато нашата обичайна логика допуска само един глас и само едно състояние.

Накрая да се върнем към проблема за адаптацията, който трябва да бъде изчерпателно решен, ако искаме да си изясним явленията на квантова корелация и квантово смесване, за които стана дума по-рано и които в основата си имат шизоидна природа. Ясно е, че логиката ще еволюира успоредно с развитието на квантовите компютри - по същия начин както преди това беше еволюирала във взаимодействие с информатиката. Без съмнение това ще ни изведе до нови граници и ще ни позволи по-успешно да присъединим математическия формализъм на квантовия свят към нашата метафизична система.

Подбор и превод от френски: **Михаил Бушев**
(Alain Connes, Andre Lichnerovitz, Marcel Paul Schutzenberger,
Triangle de pensees. Editions Odile Jacob, Paris, 2000.)