

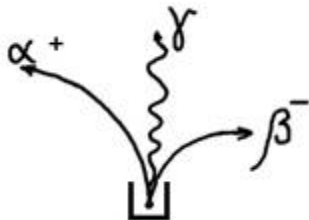
ИЗКУСТВЕНАТА РАДИОАКТИВНОСТ НА 70 ГОДИНИ

Никола Балабанов

ПО СЛЕДИТЕ НА “БЕКЕРЕЛОВИТЕ ЛЪЧИ”

Както е известно, откритите от Анри Бекерел през 1896 г. лъчи, наречени впоследствие радиоактивни, се оказали смес от три вида лъчение (частици), които физиците, отдавайки за пореден път признание на своите учители от древността, означили с първите букви от гръцката азбука: алфа (α), бета (β) и гама (γ). Това разделяне първоначално било направено по външни белези – проникващата способност на тези лъчи и поведението им в електрични и магнитни полета.

Мария Кюри не е предполагала, че нагледната картина, която е показала в своята докторска дисертация (фиг. 1), прилагана и до днес във всички учебници по физика, има дълбоко съдържание. Няколко десетилетия по-късно се оказало, че зад това “формално” делене се крие фундаментална причина – трите вида излъчване са свързани с три фундаментални взаимодействия: силно, слабо и електромагнитно.



Фиг. 1

Трите струи на “радиоактивния фонтан” са обусловили появата на три потока изследователска дейност, всеки от които, в различно време с различна интензивност, е доставял важна информация за света на ядрото и субядрените частици. Без съмнение първите десетилетия на тези изследвания могат да бъдат наречени

ЕРА НА АЛФА-ЧАСТИЦИТЕ.

В подкрепа на това свидетелства историята на ядрената физика през първата третина на 20-и век. Нека припомним нейните основни жалони от онова време,

свързани с изучаването на природата на α -частиците и използването им за изясняване на структурата и поведението на атомните ядра:

1903 г. Ръдърфорд идентифицира α -частиците и доказва, че те имат положителен електричен заряд;

1906 г. Ръдърфорд открива явлението “разсейване на α -частици”;

1909 г. Ръдърфорд доказва, че α -частиците са двукратно йонизирани хелиеви атоми;

1909-10 г. Гайгер и Марсден провеждат експерименти по разсейване на α -частици;

1911 г. Ръдърфорд създава теория за разсейване на α -частиците и доказва съществуването на атомното ядро;

1912 г. Чадуик открива принудено γ -излъчване, предизвикано от α -частици;

1919 г. Ръдърфорд осъществява ядрена реакция с α -частици и открива протона като съставна частица на ядрото;

1921 г. Лизе Майтнер предлага α -частичен модел на атомното ядро;

1925 г. П. Блакет доказва с помощта на Уилсънова камера, че в реакцията $\alpha + {}^{14}\text{N}$ се получават протони и ядра на изотопа ${}^{17}\text{O}$;

1929 г. Ръдърфорд и Чадуик изследват реакцията $\alpha + {}^{27}\text{Al} \rightarrow {}^{30}\text{Si} + \text{p}$;

1930 г. Боте и Бекер откриват проникващо лъчение при бомбардиране на берилиеви пластинки с α -частици;

1931 г. Ирен и Фредерик Жолио-Кюри изучават същата реакция и откриват откатни протони. Погрешно тълкуват реакцията;

1932 г. На 17 февруари Чадуик съобщава за откриването на неутрона в реакции, осъществявани с α -частици.

Върховите постижения през разглеждания период са: откриването на атомното ядро (1911 г.), първото изкуствено превръщане на елементи (1919 г.) и откриването на неутрона (1932 г.). И трите открития са направени с помощта на α -частиците. На историческата сцена в началото на 30-те години вече се е появило следващото главно действащо лице – неутрона. Но на α -частиците било съдено да участват в още едно епохално откритие, което ознаменува края на тяхната хегемония –

ОТКРИВАНЕТО НА ИЗКУСТВЕНАТА РАДИОАКТИВНОСТ.

Това откриване било обявено от Жан Перен на 15 януари 1934 г. на заседание на Парижката Академия на науките и принадлежало на Ирен и Фредерик Жолио-Кюри. То е било предхождано от двегодишни изследвания на ядрени реакции на α -частици с ядрата на леки елементи. Сега е известно, че в края на 1931 г. съпругеската двойка е получавала неутрони в своите експерименти, но не е могла да ги идентифицира правилно. Само седмица след тяхното съобщение Чадуик (достоеен последовател на “линията на Ръдърфорд”) повторил същите експерименти и стигнал до правилния извод за съществуването на неутрона.



Ирен Жолио-Кюри



Фредерик Жолио-Кюри

Френските учени изпуснали шанса за получаване на Нобеловата награда по физика. Тя била присъдена на Чадуик през 1935 г. Но (напук на привържениците на случайностите в науката) И. и Ф. Жолио-Кюри показали, че птицата на щастието рядко греши мястото, където трябва да кацне. Разбира се, това те заслужили със всеотдайната си работа по изследване на ядрени реакции.

Не може да не се възхищаваме от изключителната изследователска активност на тази семейна двойка. Настрани от тяхното внимание не оставало нито едно важно събитие в ядрената физика (ще припомня, че по същото време, през 1932 г., се ражда техният син Пиер, отглеждането на който също изисквало грижи и внимание). Техните изследвания от 1933 г. представляват съществен принос за

УТВЪРЖДАВАНЕТО НА РЕЛАТИВИСТКАТА КВАНТОВА МЕХАНИКА.

Както е известно, тази теория е била създадена през 1928 г. от английския физик Пол Дирак. Едно от забележителните следствия на теорията било допускането за съществуване на частица с маса и заряд, равни на масата и заряда на електрона, но с положителен знак. Тази частица била открита през 1932 г. от Андерсън в състава на космичните лъчи. Нарекли я позитрон. Както и трябва да се очаква, поведението на тази частица в електрични и магнитни полета било обратно на поведението на електрона (небезизвестният Макс Борн я нарекъл на шега “магарешки електрон” – магарето обикновено се дърпа в посока, обратна на желаната от стопанина му).

Паралелно с другите експерименти, съпрузите Жолио-Кюри провеждали и изследвания за изясняване на свойствата на позитроните. През 1933 г. те наблюдавали образуване на електронно-позитронни двойки от гама-кванти:

$$\gamma \rightarrow e^{-} + e^{+}$$

Няколко месеца по-късно те открили обратния процес, известен днес като аниhilация на електрони и позитрони:

$$e^{-} + e^{+} \rightarrow 2\gamma$$

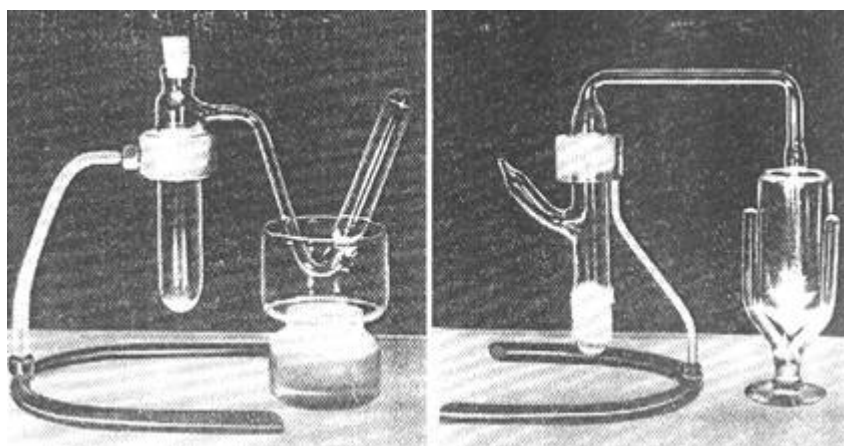
Тези два процеса и днес се споменават и обсъждат във всички учебници по ядрена физика. Причината е, че те имат не само историческо и ядрено-физическо, а и методологично значение. Те са ярко доказателство за взаимното превръщане на различните форми на материята.

(Посочените процеси на времето са направили изключително силно впечатление. Руският учен Вавилов казал, че процесът на превръщане на γ -квантите в електронно-позитронна двойка е толкова удивителен, колкото ако биха ни показали, че мелодията се превръща в цигулка).

Както вече споменахме, по същото време семейство Жолио-Кюри продължавало да работи по получаването на неутрони с помощта на α -частици. Изследванията били провеждани в Радиевия институт в Париж с полониев α -източник, приготвен от Мария Кюри. Алфа-излъчването от полоний е характерно с това, че не се съпровожда с γ -излъчване (както при други източници), което може да попречи за чистото провеждане на експерименти. Като се прибави и фактът, че “фамилният” източник бил с много голяма активност, може да се каже, че

МАРИЯ КЮРИ Е “БЛАГОСЛОВИЛА” ОТКРИВАНЕТО НА ИЗКУСТВЕНАТА РАДИОАКТИВНОСТ.

Процедурата в измерванията на Жолио-Кюри била следната. На разстояние 1 mm от α -източника поставили тънка алуминиева пластинка и я облъчвали в продължение на 10 минути. След това поместили тази пластинка срещу гайгер-мюлеров брояч и установили, че тя изпуска лъчение, интензитетът на което намалявал експоненциално с времето. Анализът на лъчението, проведен с Уилсънова камера, показал, че то се състои от позитрони.



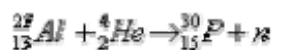
Уредите, с които Ирен и Фредерик Жолио-Кюри са получили изкуствена радиоактивност

Някои историци сочат като дата на историческото откритие 11 януари 1934 г. (четвъртък). Само след четири дни за него е съобщено в Парижката Академия. Ще приведем извадки от съобщението на авторите.

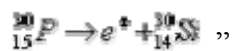
“На нас ни се удаде, с помощта на Уилсъновата камера да докажем, че някои леки елементи (берилий, бор, алуминий) изпускат положителни електрони при бомбардирането им с α -частици от полоний ...”.

“Изпускането на положителни електрони от някои леки елементи, подложени на облъчване с α -лъчи от полоний, продължава в течение на известно време и след отдалечаването на източника на α -лъчи”.

“Ние предполагахме, че в случая с алуминия реакцията протича по следния начин:



Изотопът на фосфора ${}^{30}\text{P}$ е радиоактивен. Той има период на полуразпадане 3 min и 15 s и изпуска положителни електрони, съгласно реакцията



За да се потвърди тази схема, било необходимо по химичен път да се определи наличието на фосфор. Трудността се състои в това, че от огромно количество алуминиеви атоми се получава съвършено неизмеримо количество фосфорни атоми. С обикновените методи на химичния анализ не е възможно отделянето на новополучените атоми.

Съпрузите Жолио-Кюри се проявили като квалифицирани радиохимици (в тази професия ги била въвела самата Мария Кюри). С оригинални радиохимични методи те успели да открият наличието на фосфор.

По-нататък в съобщението се отбелязва:

“За бора и магнезия могат да се напишат аналогични реакции, които водят до образуване на неустойчиви ядра ${}^{13}\text{N}$ и ${}^{27}\text{Si}$. Изотопите ${}^{13}\text{N}$, ${}^{27}\text{Si}$ и ${}^{30}\text{P}$ не се наблюдават в природата, тъй като могат да съществуват само в продължение на много кратко време”.

В заключение авторите обобщават:

“По такъв начин в настоящата работа се удаде за пръв път с помощта на външно въздействие да се предизвика радиоактивност при някои ядра, която се запазва в продължение на измеримо време при отсъствие на принуждаващата причина”.

Този път (след “изпуснатото” откритие на неутрона) Жолио-Кюри се оказали на необходимата теоретична висота – те не само установили нови факти, но им дали и правилно физическо обяснение. Очевидно за това допринесла благоприятната научна атмосфера, която Мария Кюри била създала около себе си. Знаменитата Дама, носителка на две нобелови награди, имала щастието няколко месеца преди смъртта си да се порадва на откритието, което направили нейната дъщеря и зет ѝ. Тя собственооръчно държала епруветката с получения изкуствено радиоактивен фосфор и слушала “пукането” на брояча.

Откриването на изкуствената радиоактивност било веднага оценено като едно от най-големите открития на века. Още през следващата 1935 г. Ирен и Фредерик Жолио-Кюри получили Нобеловата награда по химия. Така те “догонили” английския си колега Чадуик, само че в съседната пътека на нобеловата “писта”.

За откриването на изкуствената радиоактивност И. и Ф. Жолио-Кюри написали кратки съобщения, представени в “*Comptes Rendus*” на Парижката Академия на науките и на лондонското списание “*Nature*” през януари 1934 г. През следващите месеци фронтът на събитията се преместил в Рим, в групата, съставена от

“МОМЧЕТАТА ОТ УЛИЦА ПАНИСПЕРНА”*

и ръководена от легендарния Енрико Ферми.



Енрико Ферми

На този фронт за бомбардиране на ядрата се използвали други “снаряди” – неутроните. Тук веднага проличава новаторския дух на Ферми. За него не било интересно да върви по пътеката, открита от френските учени, той търсил нови подходи. На пръв поглед използването на неутрони за възбуждане на ядрата изглеждало авантюра. По това време те се получават още в много малки количества, неутронните потоци били с няколко порядъка по-слаби от достигнатите интензитети на α -източници. Да се търсят ядрени превръщания с такива потоци изглеждало безперспективно. А Ферми бил вече наложил се теоретик, известен като автор на теорията на бета-разпадането и на нова квантова статистика (статистика на Ферми-Дирак). Кое накарало този голям физик да се увлече по авантюрите на “безнадеждните” експерименти? Очевидно, това е

“ДУХЪТ НА КОЛУМБ”,

онзи дух, който води най-смелите измежду хората по нови пътища, в търсене на нови територии. Енрико Ферми действително открива нови “територии” в микросвета. Не случайно неговият ученик Бруно Понтекорво казваше, че Ферми заслужава пет нобелови награди).

Интуицията на големия физик му подсказвала, че малкият брой неутрони може да се компенсира с липсата на електричен заряд у тях, следователно – с отсъствието на кулоновска бариера. Експериментите в Рим започнали още през март 1934 г. В началото използвали (Po-Be)-източник. Без резултат. През следващия месец вече използвали по-мощен (Rn-Be)-източник на неутрони. С него получили първите радиоактивни изотопи. За разлика от позитронното разпадане, създавано при бомбардирането на ядрата с α -частици, групата на Ферми регистрирала отрицателна β -радиоактивност (както и следва да се очаква от закона за запазване на електричния заряд).

След първите успешни опити, вече с помощта на много по-мощен неутронен източник, групата започнала масирано изследване на всички елементи от периодичната система. От всички 68 изследвани елементи при 47 била установена изкуствена радиоактивност.

Тази верига от открития на римската група завършила с откриването на влиянието, което водородосъдържащите среди оказват върху изкуствената радиоактивност, предизвикана от неутрони.

Резултатите били съвършено удивителни. Ето какво пишат авторите на това откритие (Е. Ферми, А. Амалди, Б. Понтекорво, Ф. Разети и Е. Сегре):

“При изпълнението на експерименти по изучаване на изкуствено радиоактивно сребро с неутрони ние забелязахме следната аномалия в процеса на активиране: слой парафин с дебелина няколко сантиметра, поставен между източника на неутрони и среброто, увеличава, а не намалява, активността. Продължавайки опитите, ние се убедихме, че наличието на големи блокове парафин, обкръжаващи неутронния източник и мишената, увеличава интензитета на активация от няколко десетки до няколко стотици пъти в зависимост от геометрията на опита”.

Резултатите от изследванията на римската група били високо оценени от научната общественост и през 1938 г. на Е. Ферми била присъдена Нобеловата награда по физика “за демонстрирането на нови радиоактивни елементи, получени чрез облъчване с неутрони и свързаното с тях откритие на ядрени реакции, причинени от бавни неутрони”.

Възможността за синтез на изкуствени елементи с неутрони веднага предизвикала желанието на изследователите да проникнат в областта на периодичната система, разположена след урана.

Още през 1934 г. Енрико Ферми със своите сътрудници, опитвайки се да получат с помощта на неутрони трансуранови елементи, открили цял набор неизвестни радиоактивни ядра. Неспособни да ги идентифицират, те ги приписали на хипотетични трансуранови елементи и на различни изотопи на радия. Тези работи положили начало

на широко разгърнали се в редица страни изследвания по синтез на трансуранови елементи.

Тук ми се иска да направя още едно отклонение, което ще посветя на

“БЪЛГАРСКАТА СЛЕДА” В ЯДРЕНАТА ФИЗИКА ПРЕЗ 30-те ГОДИНИ.

Тя е оставена от д-р Елисавета Карамихайлова – “първата дама” на българската физика. В края на 20-те и началото на 30-те години на 20-и век тя е работила в Радиевия институт във Виена. Като снаряди използвала вездесъщите по онова време α -частици. Особено интересни са изследванията, които е провеждала в началото на 30-те години. Това личи от статията ѝ, публикувана през 1931 г. “Върху проникващото лъчение на полоний”. По-късно излиза статията ѝ “Върху проникващо лъчение, възбудено чрез алфа-частици в берилий”. Както се вижда, Карамихайлова е изучавала същите реакции, с които са се занимавали Боте и Бекер, след това семейство Жолио-Кюри и накрая Чадуик. Безспорно тя е наблюдавала ефектите, предизвикани от неизвестните дотогава неутрони, но както споделя в писмото си до проф. Майер, “те са имали повече късмет”.

Не е безинтересно също и това, че през 1934-35 г., веднага след откритието на Ферми, д-р Карамихайлова заедно с австрийски колеги е изследвала ядрени реакции на неутрони с тежки ядра. През 1935 г. тя публикува статия “Към въпроса за изкуственото превръщане на тория с помощта на неутрони”. Нашата сънародничка, макар и със скромно присъствие, е била на предния фронт на ядрената физика през първата половина на 30-те години. (Още “по-скромно” е принудена тя да “присъства” в българската физическа колегия след завръщането си в родината. Д-р Карамихайлова получи признание много по-късно, отколкото значително по-младите си колеги, които тя изпреварваше и с научните си приноси).

Както е известно, в края на 1938 г. О. Хан и Ф. Щрасман с помощта на забавените неутрони откриха едно фундаментално явление – делене на ядрата. Правилната му интерпретация даде Лизе Майтнер, а Н. Бор, Дж. Уилър и Я. Френкел създадоха теоретичния модел на процеса делене.

ТРАНСУРАНОВАТА ЕПОПЕЯ

Започва през 1940 г., когато Е. Макмилън от Калифорнийския университет открива неизвестен дотогава радиоактивен излъчвател с период на полуразпадане 2,3 денонощия. Източникът е идентифициран като елемент с пореден номер 93 и е наречен нептуний. Следващите елементи – плутоний, америций, кюриум, берклий и калифорний за пръв път са получени от Г. Сиборг и неговата група при облъчване на уран и трансуранови ядра с ускорени в циклотрон деутрони и α -частици.

В получаването на свръхтежките елементи през 60-те години на миналото столетие се включи интернационалната група в Дубна (Русия), а през 80-те години и група, работеща в Дармщадт (Германия). В трите ядрени центъра – Бъркли, Дубна и Дармщадт досега са синтезирани над сто различни изотопа на елементите от втората стотица на периодичната система (до $Z = 118$).

Заедно с получаването на нови елементи и изотопи тези изследвания стимулираха развитието на методите и техниката за ускоряване на тежки йони, с което поставиха начало на ново направление в изучаването на атомните ядра – физика на тежките йони. Това направление на свой ред предизвика “бум” в откриването на нови видове радиоактивни превръщания: протонна, двупротонна, двунейтронни, кластерна и др. радиоактивности.

Изследванията на изкуствената радиоактивност съществено увеличиха броя на изучаваните ядра, като включиха в тях нейтроннообогатени и нейтроннодефицитни изотопи. Понастоящем са известни над 2500 изотопа. Теоретиците предсказват възможността за получаване на около 6000 вида изотопа. Търсенето на нови изотопи се провежда по всички посоки на изотопната карта.

Измежду най-мощните направления на използването на изкуствените радионуклиди може да се посочат: радиационната технология в промишлеността и селското стопанство, ядренофизичните методи за анализ, радиационната дефектоскопия на метали, радиационната терапия и диагностика в медицината, радиационната генетика и селекция на селскостопанските култури, радиоизотопната енергетика и т.н. Понастоящем в различните области на науката, техниката и медицината се използват над 200 радионуклида. От посочените направления ще се спрем на едно, прогресивно развиващо се през последните години (смятам, че другите направления са по-познати) –

ПРИЛАГАНЕТО НА РАДИОНУКЛИДИТЕ В МЕДИЦИНАТА.

Възможностите за такова приложение започват да се изучават веднага след откриването на изкуствената радиоактивност.

Сега в света действат над 200 специализирани малогабаритни циклотрона и около 30 други типа ускорители на заредени частици, предназначени за производство на радионуклиди за медицински цели. На тези ускорители се получават изотопи в количества достатъчни за произвеждане на диагностични изследвания на няколко хиляди пациента в година.

Известна представа за областите на приложение на някои от радионуклидите може да даде приложената Таблица 1.

Таблица 1

НАЗНАЧЕНИЕ	НУКЛИДИ	ОБЛАСТ НА ПРИЛОЖЕНИЕ
	^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F	Позитрон-емисионна томография
	^{52}Fe	Хематология
	$^{67,68}\text{Ga}$	Онкология
	$^{73,75}\text{Se}$	Метаболизъм, Онкология
ДИАГНОСТИКА	^{82}Rb , ^{128}Cs , ^{201}Tl	Кардиология
ТЕРАПИЯ	^{97}Ru	Онкология, Лимфоангиография
	^{111}In	Онкология, Нефрология
	^{123}I	Кардиология, Онкология, Ендокринология
	^{127}Xe	Пулмология
	^{178}Ta	Кардиология, Неврология
	$^{195\text{m}}\text{Au}$	Ангиография
	^{26}Al , ^{237}Pu	Метаболизъм
	^{67}Cu , ^{97}Ru , ^{85}Sr	Онкология
	^{167}Tm , ^{211}At и др.	

В Таблица 2 са посочени характеристиките на няколко изотопа, които изпълняват изключително важна роля в ядрената медицина. Заради техните ядрено-физични характеристики (малки периоди на полуразпадане и ниски енергии) те се смятат за “идеалните” радионуклиди за медицински цели.

Таблица 2

НУКЛИД	$T_{1/2}$ часа	E_{γ} , keV	ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ (адсорбиращ орган)
^{123}I	13,2	195	Диагностика на щитовидна жлеза
^{201}Tl	73,1	135,3	Сърце – кардиология
^{67}Ga	78,3	90 ÷ 300	Стомах
^{111}In	67,2	245	За разпространение на инфекции

Интересен метод представлява позитронно-емисионната томография. В определен орган на човека се въвежда краткоживущ изотоп: ^{11}C ($T_{1/2} = 20 \text{ min}$) ^{13}N (10 min) или ^{15}O (2 min). Разпадайки се, тези изотопи изпускат едновременно два гама-кванта с енергии 511 keV. Тези γ -кванти се регистрират със специални детектори, разположени

около човешкото тяло. След обработка на получените снимки, те се преобразуват в пространствено изображение на органа. Напоследък започна използването и на изотопи на тежките елементи. В това отношение представлява интерес приложението на изотопа ^{237}Pu . Той се използва за изследване метаболизма на трансурановите елементи в организма, което е изключително важно при профилактика на заболяемостта на жертвите при големи екологични катастрофи от рода на Чернобилската.

Някога Ланжвен беше писал, че откриването на естествената радиоактивност е изиграло същата роля, както откриването на огъня. Продължавайки това сравнение, може да кажем, че именно откриването на изкуствената радиоактивност даде този огън в ръцете на човека. Свидетелство за това са огромните постижения на ядрената физика, химия и техника през 20-и век.

*Използвано е заглавието от статията на Карло Бернардини в *“Светът на физиката”*, № 2, 2003 г.

КОНГРУЕНЦИИ, НУМЕРОЛОГИЯ И “МОРЕТО” НА ДИРАК

Михаил Бушев

1. От времето, когато Галилей произнеса знаменитата си мисъл *“философията на природата е написана на езика на математиката”*, физиката гледа на математиката като на свое най-мощно оръдие за опознаване на природата. Все пак това е твърде необикновено оръдие, което следва своя собствена логика на развитие и далеч не винаги се съобразява с развитието на физиката и с ползата за това развитие.

Историята на математиката сочи не един пример за това как изтъкнати математици подчертават липсата на връзка между т.нар. “чиста” математика и други области на знанието и говорят за липсата на каквато и да е полза от “чистата” математика. Това като че ли най-ярко се отнася до теорията на числата – един от най-абстрактните и, може би, затова прословут със своята “безполезна” раздел на математиката. Английският математик Годфри Харди (1877-1947), известен с работите си по теория на числата, заявява в своята автобиографична книга, че *“истинската математика е почти изцяло безполезна”* (Г. Харди “Апология на математика”, С., 1971 г., с. 121). Пак там е цитирана една мисъл, приписвана на великия Карл Фридрих Гаус (1777-1855), създател между другото и на теорията на конгруенциите, че *“теорията на числата поради нейната изключителна безполезна е царицата на математиката”* (с. 122). Можем да се съмняваме (както се съмнява и самият Харди) доколко достоверно е предадена мисълта на Гаус. Но ето че и Морис Клайн цитира известен американски математик от първата половина на 20 в., който често твърдял: *“Слава богу, теорията на числата не е опорочена от никакви приложения”* (М. Клайн “МАТЕМАТИКА. Утрата определенности”, “Мир”, М., 1984; с. 342).

Спорове по този въпрос може да има и има. Но безспорен факт е, че теорията на числата като правило не се включва в курсовете по математика за физици. Можем само да гадаем дали същата съдба не биха имали и тензорният анализ, теорията на групите или матричното смятане, ако теорията на относителността и квантовата механика не бяха разкрили тяхната необикновена мощ за физическата теория.

2. Нека сега накратко да се запознаем с понятието конгруенция (или сравнение; вж. напр.: Н. Обрешков “Теория на числата”, С., 1955). Ако a , b и m са цели числа, а m е положително, то a е конгруентно на b по модул m , когато разликата $a - b$ се дели на m . По въведените от Гаус означения конгруенцията се записва по следния начин:

$$(1) \quad a \equiv b \pmod{m}$$

(числото m се нарича модул). От тази дефиниция следва, че горната конгруенция е еквивалентна на равенството:

$$(2) \quad a - b = km \equiv 0 \pmod{m}$$

или

$$(3) \quad a = b + km \equiv b \pmod{m},$$

където k е цяло число. Така например

$$34 \equiv 4 \pmod{5}, \quad -19 \equiv 5 \pmod{8}.$$

Друга – еквивалентна – форма на дефиницията за конгруентност е следната: двете числа a и b са конгруентни помежду си по модул m , ако имат еднакви остатъци при деленето им с m , т.е.

$$(4) \quad a = r + km$$

е конгруентно с

$$(4') \quad b = r + k'm.$$

Еквивалентността на двете дефиниции е очевидна, а прилагането им е въпрос на удобство. Заедно с това от (4), (4') и (3) се вижда, че a и b са поотделно конгруентни с едно и също число – остатък r ; в съответствие с (2) това води до конгруентност помежду им (свойството транзитивност на конгруенциите).

Както след малко ще се убедим, достатъчни са горните дефиниции, за да се справим с някои задачи. Това е удивителен сам по себе си факт! Защото показва, че дори само идеята за едно добре дефинирано понятие може да “заработи”.

Ще посоча само още, че буквално ежедневно имаме работа с конгруенции. Такива са показанията на часовниковите стрелки (с модул 12) или показанията на километража на автомобила (с модул 100 хил. km). Читателят сигурно сам ще си обясни защо обаче датите на календара не са конгруентни.

3. Преди време моят приятел, психологът Иван Шуруликов, ми обърна внимание върху едно любопитно обстоятелство, което е взето на въоръжение от нумерологията – учение за мистичните свойства на числата. Да вземем едно произволно многоцифрено число, да речем, рождена дата (например 19980908) или телефонен номер (7890351). Да съберем цифрите на това число в произволен ред или да ги групираме по произволен начин и отново да ги съберем. Когато сумата е число с повече от една цифра, събираме и тези цифри и така дотогава, докато стигнем до само една цифра. За горните примери в първия случай цифрата е 8, а във втория 6. Можем да групираме цифрите, както си искаме, да ги събираме в какъвто искаме ред, накрая винаги ще се получава една и съща цифра.

Е, не е ли това мистично свойство!? И, разбира се, получената цифра по-нататък се свързва с определени съзвездия, с определени стихии, здравословно състояние, любов, брак, късмет и т.н. и се пророкува до забравя.

Действително ли е толкова магична така получаваната цифра? Нека читателят сам се увери, че действително за всяко зададено число се получава една определена цифра, и да се опита сам да намери обяснението, преди да види отговора, който ни дават конгруенциите.

А отговорът се получава по следния начин. Всяко цяло число z може да се запише в десетичната система по следния начин:

$$z = a_0 + a_1 \cdot 10 + a_2 \cdot 10^2 + a_3 \cdot 10^3 + \dots + a_n \cdot 10^n,$$

където коефициентите $a_0, a_1, \dots, a_n$ са цели числа от 0 до 9. Да вземем тяхната сума и да я означим с t :

$$t = a_0 + a_1 + a_2 + \dots + a_n.$$

Числата z и t очевидно са конгруентни по модул 9, защото:

$$z - t = a_1 \cdot 9 + a_2 \cdot 99 + a_3 \cdot 999 + \dots + a_n(10^n - 1) \equiv 0 \pmod{9}.$$

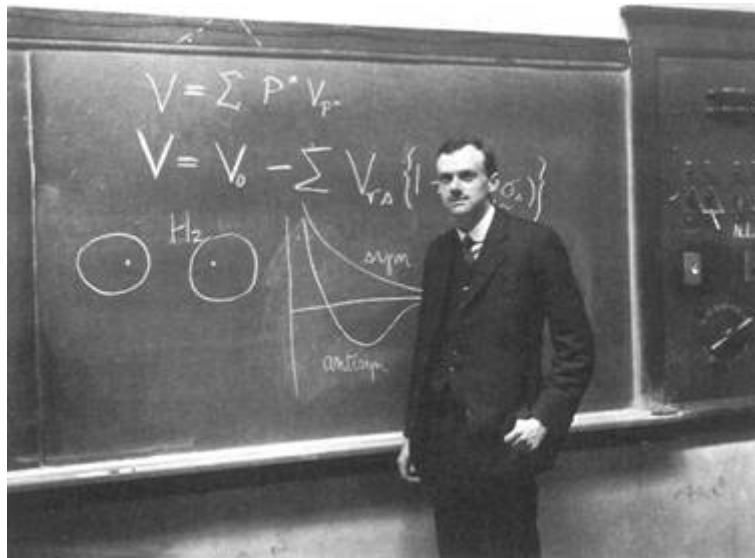
А това означава, че те имат един и същ остатък, да го означим с x , и затова:

$$t \equiv x \pmod{9}.$$

Очевидно остатъкът x е “магическото число” на нумеролозите. (Тук ще отбележа, че, в частност, при $x = 0$ получаваме теоремата, за която се споменава в интервюто на Е. Телър, *СФ* 2/04.) Както и да групираме цифрите в числото t , достатъчно е да отделяме деветките във всяка междинна сума, и ще получаваме, разбира се, един и същ остатък.

Това е обяснението на любимите на нумеролозите “загадъчни” свойства на числата.

4. Нека сега се занимаем с една забавна задача, свързана по любопитен начин с т.нар. “море” на Дирак. Както е известно, през 1930 г. Пол Дирак за пръв път предсказва съществуването на античастица – позитрон. Позитронът е открит едва след няколко години в космичните лъчи. Свойствата на позитрона Дирак обяснява като свойства на ваканция (“дупка”) в ненаблюдаемото море на отрицателно заредени електрони, запълващи състоянията с отрицателна енергия. В обкръжението на обикновени отрицателно заредени електрони с отрицателна енергия дупката се държи точно както един положителен електрон с положителна енергия.



Пол Дирак

По късно идеята на Дирак беше приложена в зонната теория на полупроводниците, където ваканциите във валентната зона имат поведението на положително заредени дупки, а

полупроводниците се характеризират с едновременното наличие на електронна и дупчеста проводимост.

Според една легенда идеята на Дирак за “море” на електроните с отрицателна енергия се свързва със следната задача, на която Дирак дал отговора. Задачата е следната.

Трима рибари наловили риба, но нощта ги заварила в морето и те решили да преспят на кораба – всеки в своята каюта. На сутринта единият се събудил и решил да вземе своя дял от рибата, без да буди другарите си. Като разделил рибите на три, той видял, че една остава. Затова я хвърлил в морето, взел своята третина и си тръгнал. След малко се събудил втори рибар. Той не знаел, че първият вече си е тръгнал и затова постъпил като него: разделил рибите на три, пак му останала една, той я хвърлил в морето, взел своята третина и също си тръгнал. Третият рибар постъпил по същия начин: пак се оказала една излишна риба, пак взел своята третина и си тръгнал.

Въпросът е: кое е най-малкото по абсолютна стойност (цяло, разбира се) число риби, което е имало на борда?

Отговорът, даден от Дирак, бил: -2. Действително, като изхвърлил една риба в морето, първият рибар получил -3 риби, взел своята третина (-1 риба) и отново останали -2 риби. Същото се случило и с другите двама рибари.

Легендата не съобщава дали Дирак е използвал конгруенции за решаването на тази задача. Но, както ще видим, тя се решава лесно и се получава както най-малкото по абсолютна стойност число риби, така и най-малкото положително число риби.

Преведени на езика на конгруенциите, условията на задачата имат следния вид. Първият рибар имал пред себе си неизвестното число x риби, за което знаем, че удовлетворява условието:

$$x \equiv 1 \pmod{3} = 3y + 1,$$

където y е взетият от него дял (цяло число) риби. Вторият рибар заварил оставащия брой от $2y$ риби; този брой удовлетворява условието:

$$2y \equiv 1 \pmod{3} = 3z + 1,$$

където z е взетият от него дял риби. Съответно третият рибар заварил $2z$ риби, чийто брой удовлетворява условието:

$$2z \equiv 1 \pmod{3} = 3t + 1,$$

където t е броят на взетите от него риби.

От горните три уравнения можем да изразим неизвестните x, y, z посредством t . Числото t е произволно цяло (положително или отрицателно) число, което трябва да е такова, че x, y и z да са цели числа. Лесно се проверява, че при $t = -1$ получаваме: $x = -2$, $2y = -2$ и $2z = -2$, т.е. решението, дадено от Дирак.

Решението с най-малката положителна стойност се получава при $t = 3$; съответно $x = 25$, $2y = 16$, $2z = 10$.

Да се върнем към уводната част на тези бележки: относно полезността или безполезността на една теория (в случая – теорията на числата). В статията “*Уникални технически средства*” (вж. “Светът на физиката”, 1/2000, с. 50) Фриймън Дайсън, който е бил студент на Г. Харди, също подчертава убеждението на Харди, че с откритията си като чист математик той никога не е изработил нещо “полезно”, а в същата степен и нещо “вредно” за човечеството. Но, както подчертава и Дайсън, практическата полза от една теория може да изникне най-неочаквано. Достатъчно е в нея да се съдържат здрави идеи. За кой ли път се потвърждават думите на Лудвиг Болцман: “Няма нищо по-практично от добрата теория”.

КВАНТОВАТА МЕХАНИКА:

НОВИ ЕКСПЕРИМЕНТИ, НОВИ ПРИЛОЖЕНИЯ И НОВИ ФОРМУЛИРОВКИ НА СТАРИТЕ ВЪПРОСИ

(част II – продължение от кн. 2'04)

М. Б. Менский

4. Разширение на теорията на измерването

Ще разгледаме някои варианти на квантовата теория на измерването, които излизат извън рамките на теорията на декохеренцията, но нека преди това изясним някои нейни преимущества и недостатъци.

4.1. Решава ли декохеренцията проблема с измерването? От практическа гледна точка декохеренцията напълно обяснява как протича процесът на измерването и как след измерването възниква смесено състояние, еквивалентно на вероятностно разпределение по различните чисти състояния, съответстващи на алтернативните резултати на измерването. Обяснението се дава в рамките на квантовата механика на затворена система, обаче в последния етап разглеждането се ограничава до някаква подсистема, а по степените на свобода, оставащи извън тази подсистема, се провежда усредняване. Именно това усредняване води до появяването на смесено състояние. Ако не се ограничим с подсистема, а се разглежда затворената система, вместо смесеното състояние ще фигурира суперпозиция, което води до парадокса на шрьодингеровата котка.

По такъв начин обяснението на квантовото измерване на основата на декохеренцията може да се приеме за напълно удовлетворително, ако сме готови да се ограничим с

разглеждането само на открити системи и никога да не разглеждаме затворени системи. Всъщност в това ограничение няма нищо неприемливо. Нещо повече, то напълно съответства на духа на физиката. Във физиката е прието да се поставят само такива въпроси, на които може да се отговори при наблюдение (измерване), а наблюдението не може да контролира всяка от макроскопичния брой степени на свобода.

Ако измерването се описва в термините на открита система, то тази система може да бъде колкото си искаме широка, но извън нея трябва да остават някакви степени на свобода, в която в една или друга форма се записва информация за резултатите от измерването. Тази уговорка е характерна за квантовото измерване и съответства на добре известната свобода на разделение между измерителна система и уред в цялата Вселена. Уред може да се нарече всичко освен системата, която се измерва, а именно в системата да се включи и част от апаратурата, наричайки уред само записващото устройство (напр. стрелката), а може и стрелката да се включи в измерителната система, а уред да се нарече всичко останало, започвайки с фотоните, летящи към очите на наблюдателя и т.н. Измервателна система можем да наречем все по-широки системи, но извън нея винаги остава нещо, носещо информация за състоянието на измерваната система. Понеже самият наблюдател, неговият мозък, механизмите на паметта и т.н. не се разглеждат в рамките на физиката, ние достигаме да заключението, че всички физически въпроси можем да формулираме и решаваме в рамките на теорията на откритите системи, опирайки се на механизма на декохеренцията. Както вече посочихме, концептуалните въпроси на квантовата механика в рамките на този подход намират напълно удовлетворително решение.

Този подход се развива активно, в частност, в посока на описване на все по-сложни измервания. Разглеждат се и непрекъснати (продължителни във времето) квантови измервания. Проблемите, възникващи при този подход, имат технически, а не концептуален характер. Те са насочени към построяването на ефективни теории на откритите (измеряеми) системи (вж. Mensky M. B., *Quantum Measurement and Decoherence*, *Kluwer Academic Publ.* 2000).

Така че теорията на откритите системи позволява да се описва квантовото измерване, без да среща сериозни концептуални проблеми. Обаче за някои изследователи това се оказва недостатъчно и те се опитват да отидат по-нататък и да усъвършенстват още повече квантовата механика. Мотивациите им са най-различни. Някои смятат, че първична непременно трябва да бъде теорията на затворените системи, а откритите системи да се разглеждат само като техни подсистеми. За други по-нататъшните търсения са обосновани от схващането, че несобствените смеси не могат да бъдат интерпретирани в термините на непълното знание, така че разсъжденията, водещи до неразличимост на суперпозиция и смес при декохеренцията, са неубедителни. Фактически такъв аргумент означава, че изследователят не е съгласен да се ограничава с описването на открита система и иска да включи в описанието и обкръжението (само че там е скрит и въпросът, представлява ли сместа собствена или несобствена система); това също изисква описание в термините на затворената система.

Според нас най-убедителна мотивация на изследванията, отиващи отвъд теорията на декохеренцията, е следната: явлението декохеренция обяснява добре защо възникват алтернативни резултати от измерването, всяка със своя вероятност, но би ни се искало да има и теория, която описва *как става изборът (селекцията) на една от алтернативите*.

4.2. Опити да се задълбочи теорията. Най-праволинейният опит за построяване на по-дълбока квантова теория на измерването представлява хипотезата за спонтанна декохеренция (Ghirardi G., et al., *Phys. Rev. D*, 34, 470, 1986). В тази теория уравнението на Шрьодингер се модифицира чрез включване в нея на стохастичен член, описващ спонтанната декохеренция. По такъв начин в тази теория декохеренцията не е следствие на взаимодействието на системата с обкръжаващата среда, а от време на време става спонтанно нарушение без каквото и да е външно влияние. Декохеренцията се превръща в един от фундаменталните закони на природата. Параметрите на модифицираното уравнение на Шрьодингер се подбират така, че неговите предсказания на микрониво да се съгласуват с

предсказанията на квантовата механика, а на макрониво да водят до отсъствие на суперпозиция на макроскопично различни състояния. Такава теория при фиксирани параметри винаги може да се провери експериментално и вече предложени варианти на теорията вероятно ще бъдат проверени в близко бъдеще. От друга страна, ако проверката на днешното ниво на точност даде отрицателен резултат, не ще е необходим отказ от теорията, а само изменение на нейните параметри.

Съществуват и ред други теории, които претендират за по-голяма дълбочина на фундаменталност, отколкото обикновената квантова теория. Това са:

- квантовата механика на Давид Бом,
- теорията на съвместимост на квантовите истории,
- интерпретацията на “многото светове” на квантовата механика.

В *квантовата механика на Бом* (Bohm D., *Phys. Rev.* 85, 166, 1952) наред с вълновата функция на елементарната частица се въвежда и нейната траектория. Предполага се, че движението на частицата може да се описва като движение по траектория, като статистиката на траекторията се извежда от уравнението на Шрьодингер. По такъв начин предсказанията на теорията съвпадат с предсказанията на обикновената квантова механика. Различието на теорията на Бом от обикновената вероятностна интерпретация на квантовата механика в известна степен може да се приеме за терминологична, обаче такъв род различие се разглежда често, когато става дума за различни “интерпретации” и обобщения на квантовата механика.

Теорията на *съвместимите квантови истории* (Griffiths R., *Stat. Phys.*, 36, 219, 1984) се опира на картината на еволюция на квантовата система, наподобяваща файнмановите интеграли по траекторията. При Файнман амплитудата на разпространение се представя като сума (интеграл) на амплитудите на съответстващите различни траектории, водещи от началната към крайната точка. В теорията на съвместните истории пълната амплитуда се представя като сума на амплитудите, съответстващи на различните “квантови състояния”.

Всяка история може (малко опростено) да се представи като сноп от файнманови траектории. След това се поставя въпросът по какъв начин такъв сноп от траектории (с квантова история) може коректно да се асоциира не само с амплитудата на вероятност, но и със самата вероятност. Оказва се, че това може да стане, ако снопът от траектории е достатъчно широк. По-конкретно, извежда се условие, необходимо за коректното въвеждане на вероятности. То се оказва условието за съвместимост на квантовите истории. Такива достатъчно широки снопове от траектории (съвместими истории) може да се разглеждат като описващи класическото движение.

Теорията на съвместимите истории показва как класическите еволюционни черти възникват от чистото квантово описание на системата. В дадения случай квантовата система се предполага затворена. Когато в рамките на такава теория описваме измерването, то разглеждането включва както измерваната система, така и измерителния апарат. Теорията на съвместните истории позволява да се формулират необходимите условия за появяване на класически черти – условието за съвместимост на историите. Въпреки че беше показано, че това условие не е достатъчно (Paz J., Zurek W., *Phys. Rev. D*, 48, 2728, 1993), все пак тази теория се ограничава с изброяването на алтернативните класически варианти на еволюция, заедно със съответните вероятности. Тази теория не претендира за явното описване на механизмите на селекция при избора на една от възможните алтернативи. Така че теорията на съвместимите истории не решава окончателно поставената задача.

Най-радикален вариант на задълбочаване на теорията е интерпретацията на квантовата механика при хипотезата за “многото светове”, предложена от Еверет и развита от Уилър (Everett H., *Rev. Mod. Phys.*, 29, 454, 1957; Wheeler J., *Quantum Theory and Measurement, Princeton Univ. Press*, 1983), наричана понякога интерпретация на Еверет-Уилър. При този подход се разглежда затворена система, включваща и измеряемата подсистема, и уреда, и наблюдателя – с една дума цялата Вселена, целия свят). Всъщност декохеренция не настъпва, пък и няма никаква причина суперпозицията на алтернативните чисти състояния да се превърне в смес. Според интерпретацията на Еверет всяка от компонентите на

суперпозицията описва цял свят и ни една от тях няма преимущество пред другите: съществуват толкова светове, колкото алтернативни резултата дава разглежданото измерване. Във всеки от тези светове има измерван обект, измервателна система и наблюдател. И състоянието на системата, и състоянието на уреда, и съзнанието на наблюдателя във всеки от тези светове съответства на само един резултат от измерването, но в различните светове резултатите от измерването са различни.

По такъв начин, ако в теорията на декохеренцията са възможни различни резултати при измерването, но се реализира (в съответствие с тяхната вероятност) само едно от тях, то в интерпретацията на Еверет еднакво реални са всички резултати на измерването, но се реализират в различни светове. Нека отбележим, че в интерпретацията на Еверет проблемът за избора на резултата от измерването все пак съществува, но се формулира по друг начин. Въпросът: “Кой от резултатите от измерването се реализира?” – сега не стои, защото всички резултати са еднакво реални. Затова пък се появява въпросът: “В кой от еверетовите светове се оказва наблюдателят?”.

В по-нагледната формулировка, предложена от Уилър, в момента на квантовото измерване наблюдателят се оказва пред железопътна разпределителна станция и неговият влак тръгва в една от многото съществуващи посоки. В зависимост от посоката, в която тръгва влакът, наблюдателят ще види един или друг резултат от измерването. Възможните посоки на влака съответстват на алтернативните резултати на измерването или на различните еверетови светове. Влакът винаги ще поеме в една от посоките, но всички останали железопътни линии са напълно реални и другите посоки биха дали други резултати.

4.3. Квантовата механика и съзнанието. По такъв начин в интерпретацията на Еверет-Уилър трудните въпроси на селекцията, т.е. изборът на един от множеството алтернативни резултати от измерването, поне се осветяват от друга гледна точка. Да се опитаме не можем ли да се придвижим напред за решаването на този проблем.

Преди това нека напомним извода, до който стигнахме по-рано относно теорията на откритите измеряеми системи. Условно теорията на откритите системи може да бъде представена от следната диаграма:

Система $\leftrightarrow$

Тази диаграма означава, че влиянието на обкръжаващата среда върху системата се отчита, макар че конкретният модел на обкръжението не се включва в описанието. Ние вече изяснихме, че такава теория:

- от гледна точка на физиката е пълна, защото може да включва коя и да е част от Вселената с изключение, може би, на някакви дълбоки структури на мозъка, в които се отразява информацията за резултата на измерването;

- не съдържа парадокси (води до смесени състояния, а не до суперпозиция);

- може да описва избор на алтернативни резултати от измерването (селекция) само феноменологически, а механизмът на избора не се обсъжда.

Споменатото в последния пункт феноменологично описание на селекцията може да се формализира в случай на мигновено (в реалността – с пренебрежима малка продължителност) измерване чрез постулата за редукция на фон Нойман, а в случая на непрекъснато измерване – с помощта на ограничен интеграл по траектория или имажинерен потенциал.

Такова описание на редукцията решава всички практически задачи. Обаче от концептуална гледна точка това, че в открити системи селекцията се описва феноменологично, може да бъде възприето като слаб пункт, изискващ търсенето на по-пълна или по-фундаментална теория. Изглежда, такава теория трябва да се основава на разглеждането на затворени системи, съответстващи на диаграмата:

Система ↔ Обкръжение

(в този случай моделът на обкръжението фигурира в теорията в явен вид).

Както можахме вече да се убедим, такава теория води до суперпозиция на макроскопично различимите състояния (към парадокса на шрьодингеровата котка), понеже не съдържа механизма на декохеренция. Освен това, стремейки се да опишем измерването в термините на затворената система, ние сме принудени да отместваме все по-далеч и по-далеч границите на разглежданата система, така че в края на краищата тя започва да обхваща всички органи на чувствителност на наблюдателя и онези структури на мозъка, които са отговорни за отражението на информацията за резултатите на измерването.

Ако дори само една такава структура остане вън от това, която ние включваме в измерваната система, то възниква декохеренция, в резултат на което ние се избавяме от парадоксалната суперпозиция на различимите състояния, но затова пък селекцията на една от алтернативите се описва само феноменологично, без обаче да се разкрива неговият механизъм.

Ако пък в разглежданата система се включат всички степени, в които биха могли да се отразява информацията за алтернативната възможност (т.е. преминаваме към затворена система), то декохеренцията не настъпва, в резултат на което: 1) остава суперпозицията, и 2) както и по-рано не се вижда никакъв механизъм за селекция на една от алтернативите (в дадения случай – една от компонентите на суперпозицията).

Може би селекцията никога не се осъществява? В интерпретацията на Еверет се предполага именно това: всички алтернативи са еднакво реални. Обаче едно обстоятелство ни убеждава, че все пак избор винаги се прави: в реалния опит всеки експериментатор има работа само с една от алтернативите. Откривайки кутията с шрьодингеровата котка, всеки експериментатор ще види или жива, или мъртва котка.

По такъв начин, опитвайки се да останем в рамките на обикновената физическа концепция, ние винаги имаме работа с цялата съвкупност от алтернативи, но описвайки протичащото от гледната точка на съзнанието на конкретния наблюдател, ние винаги имаме работа с една от тях. Изглежда трябва да направим извода, който е много труден за физика: *теория, която може да описва не само множеството алтернативни резултати на измерването и вероятностното разпределение по тях, но и механизма на избора на една от тях, непременно трябва да включва и съзнанието.*

В различни форми мисълта за необходимостта на включване на наблюдателя и даже на съзнанието в теорията е била изказвана още през първите години на съществуването на квантовата механика. Например това е характерно за възгледите на Паули (Laurikainen K., *The Philosophical Thought of Pauli*, Berlin, *Springer-Verlag*, 1988). В работата на Уигнър (Wigner E., *Quantum Theory and Measurement*, *Princeton Univ. Press*, 1983) има още по-силно твърдение: *съзнанието не само трябва да се включи в теорията на измерването, но съзнанието може да влияе на реалността.* Подобна мисъл изказва и Шрьодингер в епилога, с който завършва книгата *What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell* (Cambridge, *The Univ. Press*, 1944). Ние ще се върнем към странното твърдение за влиянието на съзнанието върху реалността. Сега само ще отбележим, че понастоящем ролята на съзнанието при интерпретацията на квантовата механика се обсъжда много широко.

4.4. Избор на алтернативата – това ли именно е работата на съзнанието?

Вече отбелязахме, че оставайки в рамките на характерните за физиката концепции, ние не можем да опишем механизма на избора от възможните алтернативи. Тази задача остава нерешена. Някои от изложените аргументи могат да се приемат като намек, че решението на тази задача може да се търси чрез включването на съзнанието на наблюдателя. От друга страна, макар че психолозите отдавна изследват работата на съзнанието, никой никога не е отговорил удовлетворително що е това съзнание и как става осъзнаването. Функцията на съзнанието остава тайнствена и неразбираема. Това е също нерешена задача.

Така че имаме работа с два нерешени проблема: 1) как става изборът на една от алтернативите при квантовото измерване, и 2) как функционира съзнанието. От историята на науката е известно, че понякога два трудни проблема се решават едновременно, помагайки си взаимно. Възможно е и в дадения случай да имаме работа с такава двойка дълбоко свързани помежду си проблеми.

Основавайки се на това, ние предлагаме следната хипотеза: *Функцията на съзнанието е в това да избира един от алтернативните резултати на квантовото измерване.* Ако тази хипотеза се формулира в рамките на многосветовата интерпретация на Еверет, тя ще звучи малко по-различно: *Функцията на съзнанието се състои в това да избере един от алтернативните еверетови светове.* На въпроса: “какво представлява съзнанието?” трябва да се отговори: това е избор на алтернативи при квантово измерване. Едва след като е направен изборът, възниква определена картина на протичащото, описвано на езика на класическата физика (например едва след това стрелката на уреда заема определено положение). Докато изборът не е направен, съществува само квантовата картина с присъщата ѝ множественост на алтернативи. Може да се каже и така: само изборът на алтернатива определя какво става в реалността. Но нали именно това е което се подразбира под осъзнаване: само осъзнатото отговаря на въпроса какво става в реалността. По такъв начин хипотезата за осъзнаване на реалността с квантовата селекция напълно съответства на нашата интуиция.

Предлаганата хипотеза напълно съответства на това, което беше предложил Скуайърс (Squires E. J., *The Mystery of the Quantum World, Bristol Publ., 1994*). Той смята, че съзнанието е прозорец, откриващ се към квантовия свят. Той не позволява да се види целият квантов свят, но само един фрагмент, съответстващ на един от алтернативните резултати от квантовото измерване или на един от еверетовите светове.

Нека подчертаем обаче едно различие на предлаганата хипотеза от обсъжданите до сега в литературата. Много автори са сочели, че при обяснение на квантовото измерване следва по един или друг начин да се включва съзнанието на наблюдателя. Ние обаче смятаме, че

съзнанието (осъзнаването) само по себе си представлява един от етапите на квантовото измерване – именно избора на алтернатива. Следователно, съзнанието не трябва да се включва допълнително в измерването: то си е включено поначало в него. Трябва само то да се припознае в един от елементите на теорията на измерването – при избора на алтернатива, това което в друг контекст се нарича осъзнаване.

Може да възникне едно възражение против тази хипотеза: ако функцията на съзнанието се свежда до избора на един от резултатите от измерването, тогава защо те се избират с различна вероятност, именно онази, която предсказва квантовата механика? Оказва се, че в теорията на Еверет има много прост отговор на този въпрос. В тази теория се показва, че сред всички паралелни светове има тъждествени (т.е. такива, в които всички подсистеми имат едно и също състояние). При това някои определени типове се срещат толкова често, колкото е квантовомеханичната вероятност на съответната алтернатива. С други думи, ако N е общият брой на еверетови светове, а N_i – броят на световите, съответстващи на i -тата алтернатива, то $p_i = N_i/N$ ще бъде квантовомеханичната вероятност за съответната алтернатива.

По такъв начин, ако функцията на съзнанието съответства на избора на един от паралелните светове и този избор се прави случайно (т.е. с равна вероятност може да бъде избран кой и да е свят) то i -ият алтернативен резултат ще бъде избран с квантовомеханичната вероятност p_i .

Тази забележка е съществена поддръжка на нашата хипотеза за отъждествяване на функцията на съзнанието със селекцията на един от еверетовите светове. При това може да се отговори на известното възражение, дадено от Айнщайн на Бор. Имайки предвид вероятностната интерпретация на квантовата механика, Айнщайн възкликва: “Не вярвам Бог да играе на зарове!”. Изхождайки от формулираната хипотеза може да се отговори: “*Да, наистина Бог не играе на зарове, той допуска всички възможности. Но на зарове играе съзнанието на наблюдателя*”.

Разсъждавайки по-нататък на основата на изказаната хипотеза, можем да установим, че има само една крачка от идеята на Уигнър, че съзнанието може да влияе на реалността. Действително, ако съзнанието избира един от еверетовите светове случайно, “на сяпо”, защо да не предположим, че съществува такова съзнание (надарено с особен талант или пък специално обучено), който да може да направи този избор целенасочено. В такъв случай изборът може да бъде предопределен или най-малко вероятността за определен избор да бъде повишена с усилие на волята. В терминологията на Уигнър, наблюдател, надарен с такова “активно” съзнание, може по своя воля да премества стрелката и да насочва влак по избран от него път (или поне да увеличи вероятността влакът да тръгне по избрания път).

4.5. Квантов свят и класически свят. Ако приемем гледната точка, развита в предидущия раздел, то взаимоотношението между квантовите и класически светове ще изглежда съвършено различно от общоприетото. Приетата интерпретация за взаимоотношенията между тези светове може да се илюстрира със следната схема:

Квантов вектор на състоянието



Класическа реалност

Класическият свят е това, което наблюдаваме, и затова той се интерпретира като реалност. Квантовият свят (векторът на състояние или вълновата функция) съществува само като някакъв математичен образ, позволяващ предсказването на класическата реалност, при това само вероятно. Във всеки случай при такъв подход интерпретацията на квантовия свят като обективно съществуващ изглежда неправилна.

Ако обаче се приеме интерпретацията на Еверет, допълнена с хипотезата, че изборът на един от паралелните еверетови светове е функция на съзнанието, възниква свършено друга схема на взаимоотношение между квантовия и класичен свят:

Обективен квантов свят



Илюзия на класическата реалност

В тази схема квантовият свят е обективен, защото не зависи от съзнанието. Той съществува във формата на паралелни светове, всеки от които е не по-малко реален, отколкото всички останали. Що се отнася до класическия свят, то той възниква, едва след като нашето съзнание избира един от паралелните светове. При това всички останали светове не престават да съществуват, защото това че единият, избран измежду тях, е реален всъщност е илюзия, възникнала в съзнанието на наблюдателя.

Такива взаимоотношения могат да се илюстрират с рисунка, на която квантовият свят е изобразен символически като някаква сложна обемна фигура, а това, което наричаме “класическа реалност”, е само една от проекциите на тази фигура. Работата на съзнанието се състои в това да избере една от възможните проекции, обаче в този случай тази проекция не отразява цялата сложност на обективно съществуващия квантов свят.

5. Заключение. Разгледаният в статията проблем на квантово измерване се разпада на две свършено различни по своя характер части. Едната е свързана със специфичните черти на сплетени състояния на квантовомеханичните системи и основаната на нея картина на декохеренция, възникваща при квантовото измерване. Беше показано, че сплетените състояния не само обясняват какво става при квантовото измерване, но представят и нови

възможни приложения на квантовата механика, обединени под названието квантова интерференция. Другата – “малкото облаче”, което остава в проблема на квантовото измерване, е основана на декохеренцията. Това “облаче” е нерешеният концептуален проблем как става изборът на една от алтернативите при измерването на алтернативни резултати и разпределението по множеството на тези алтернативи, защото самата теория на декохеренцията нищо не казва за това.

Анализът показва, че този проблем лежи извън рамките на физиката и поради това напълно оправдана е гледната точка, че такъв проблем (във физиката) въобще не съществува. Във всеки случай към такава гледна точка се придържат голяма част от физиците, тя е напълно последователна и не води до никакви противоречия в чисто физичните задачи. Оставайки на нея, може напълно успешно да се решават всички практични задачи. Следователно, с достатъчно основание може да се смята, че теорията на декохеренцията и основаната на нея теория на откритите измеряеми системи е напълно завършена и не се нуждае от никакво развитие, освен от чисто техническо естество.

Обаче има и физици, а сред тях и много авторитетни, например Уигнър, които не са удовлетворени от решението на “проблема на измерването”. Затова ние обсъдихме възможност за изход на по-фундаментално ниво, като описахме някои от пътищата за усъвършенстване на теорията, позволяваща извеждането на проблема извън рамките на теорията на декохеренцията и нейната формулировка в термините на затворените, а не на отворените системи.

По наше мнение сред тях най-интересна и последователна е многосветовата интерпретация на квантовата механика на Еверет-Уилър. Ние я допълваме с хипотезата, че изборът на един от тези еверетови светове е това, което се нарича работа на съзнанието. Това е неголяма, но принципна крачка, която води до много красива теоретична конструкция и може да предостави съвършено нова основа за разбиране на съзнанието.

Ако се опитаме на основата на всичко казано дотук да погледнем в бъдещето, то може да се предположи, че:

- практическите приложения на сплетените състояния и в бъдеще ще се разширява;
- с течение на времето експериментите по квантова механика ще включват работата на мозъка и съзнанието;
- квантовата теория на измерването може да доведе до изграждането на теория на съзнанието като фундаментално физическо свойство, което (въпреки това) притежава само живата материя.

Последният пункт засега остава до голяма степен спекулативен, обаче заслужава специално внимание, защото в случай на успех може да се стигне до радикално разширение на предмета на физиката, по същество – към преход на физическата наука на качествено ново ниво.

Превод със съкращения: **Н. Ахабабян**

(*Успехи физических наук*, т. 170, № 6, юнь 2000 г., стр. 631 - 647),

ДИАЛОГ ВЪРХУ КВАНТОВАТА ГРАВИТАЦИЯ*

Карло Ровели

*Дебатът между примковата квантова гравитация и теорията на струните е твърде разгорещен и поради това не е лесно да се даде безпристрастна оценка на ситуацията. Изоставяйки всякакви опити за безпристрастност, тук аз ще ви предам един разговор по тази тема, който дочух в закусвалнята на един от най-реномираните американски университети. Участниците в диалога са Професор Симп, специалист по физика на високите енергии, и дипломираната студентка Сал. Професорът чул, че Сал е решила да работи върху примковата гравитация и деликатно се опитва да я разубеди. Ето запис на това, което успях да чуя.***

Сал – Здравсти Проф.

Симп – Здравсти Сал. Чувам, че се интересувате от примките.

Сал – Така е, започнах да чета.

Симп – Е, и?

Сал – Харесва ми.

Симп – Смятате ли да започнете работа върху примките?

Сал – Може би.

Симп – Няма да можете да си намерите работа...

Сал – Нищо чудно. Но засега предпочитам да работя нещо, което ме увлича като физик. Има време да мисля за работа.

Симп – Хм. И какво толкова ви увлича?

Сал – Обединяването на теорията на гравитацията (ТГ) и квантовата механика (КМ). Да разбере пространството и времето, нещо такова.

Симп – Струнната теория обединява ТГ и КМ.

Сал – Да, но на много висока цена.

Симп – Много висока ли?

Сал – Допълнителни размерности, суперсиметрия, безкрайни полета...

Симп – Това не е никаква цена, а прекрасна нова физика.

Сал – Засега не е нова физика а просто спекулации.

Симп – Същото се отнася и за примковата квантова гравитация.

Сал – Разбира се, но примковата гравитация се справя само с помощта на ТГ и КМ, които са ни добре познати, без да използва целия допълнителен антураж.

Симп – Ама наистина ли се справя? Всичко ли може да се направи с примки?

Сал – Не, все още много неща ѝ липсват. Но и на струнната теория ѝ липсват много неща.

Симп – Не чак толкова много. В струнната теория може да се пресмятат амплитуди на разсейване и напречни сечения. Мисля, че в примковата гравитация това не е възможно.

Сал – Вярно е, но пък има други неща, които могат да се изчисляват и които не могат да се смятат в струнната теория.

Симп – Кои са те?

Сал – Спектри на области и обем, например.

Симп – Но тези неща не могат да се измерват.

Сал – Могат по принцип...

Симп – По принцип да, но не и на практика...

Сал – Но и сеченията, предсказвани от струнната теория, не могат да се измерят на практика... Но има голяма разлика.

Симп – Каква разлика?

Сал – Предсказанията с примките са еднозначни, добре дефинирани. Може би с точност до един параметър, но не повече. Ако, или когато, бъдем в състояние да мерим площи или пък сечения с точността на Планковата константа, ще получим стойностите, предсказани от примковата гравитация. Или пък няма. Но ще знаем, че теорията е вярна. Или погрешна. Това за мен е наука. Права ли съм?

Симп – И струнната теория прави предсказания.

Сал – И кои са те?

Симп – Например големи допълнителни размерности. Суперсиметрия. Преходи, които не могат да стават в стандартния модел.

Сал – Значи ли това, че ако не могат да се установят експерименталните последствия от големите допълнителни размерности, то ще се направи заключение, че струнната теория е погрешна?

Симп – Разбира се, че не, големите допълнителни размерности съществуват само в някои много специални модели.

Сал – Значи експериментите по допълнителните размерности не могат да оборят струнната теория?

Симп – Не, не могат.

Сал – И ако суперсиметрията не се открие на нивото, което очакваме, пак ли няма да се откажем от струнната теория?

Симп – Не, няма. Ще значи, че тя е на по-високо ниво.

Сал – Тогава какъв експеримент би могъл да обори струнната теория по принцип?

Симп – Нищо, което мога да си представя. Теорията е много силна.

Сал – За мен е много слаба. Една добра научна теория трябва да може да се оборва.

Симп – Не съм философ...

Сал – Искам да кажа, че това е теория, която дава ясно дефинирани предсказания. А не теория, която никога не ни казва, какво ще се получи при следващия експеримент, и която може да асимилира всякакъв резултат от всеки експеримент. Каква е ползата от теория, която може да обясни всичко, и дори противоположното на всичко?

Симп – Вие малко преувеличавате...

Сал – Да, но все пак има ли такава версия на струнната теория, която да съответства на реалността?

Симп – Естествено! Има полета на Янг-Милс, кварки, гравитацията! Какво повече?

Сал – Имам предвид такава разновидност на теорията и на нейния вакуум, многообразие на Калаби-Йо, или някакъв друг начин за разбиване на теорията до 4d и за получаване точно на стандартния модел, с онези маси и съдържащи се частици, които виждаме в действителност, включително фамилиите?

Симп – Мисля, че има Калаби-Йо многообразия, които имат физика, много подобна на стандартния модел.

Сал – Добре, но има ли поне една, която дава физиката на стандартния модел в режима, при който сме го изпробвали?

Симп – Хм... Не, не смятам... Във всеки случай не точно...

Сал – И така, щом струнната теория не се съгласува със заобикалящата ни реалност... изисква голям брой много сложни неща, които не можем да видим, такива като суперсиметрия и допълнителни размерности... и не дава определени, еднозначни предсказания за бъдещи експерименти... това сериозна теория ли е...?

Симп – Така е само защото все още не можем истински да работим с нея.

Сал – Естествено, много е лесно, но това може да се каже за всяка достатъчно сложна теория... защо трябва да вярваме точно на струнната теория?

Симп – Защото това е единствената теория, с която разполагаме, способна да обедини ТГ и КМ. Защото тя дава крайна квантова теория, включвайки гравитацията. Защото се занимава и с това, което липсва в стандартния модел. Защото много от реалните явления, потвърдени експериментално, са следствия от струнната теория: гравитация, калибровъчни теории, фермиони... Защото теорията има само един свободен параметър, за разлика от стандартния модел, който има 19 параметъра. Защото тя обяснява всичко, тя е теорията на всичко. И защото е много красива теория.

Сал – Проф, бихме ли могли да продължим тази дискусия по време на обяда?

Симп – Разбира се, обаче ако приемете да обсъждаме и примковата гравитация.

По време на досегашния разговор Сал и Професор Симп стояха на опашка за храна. От този момент нататък вече седят на маса. Сал си е запиСала няколко думи на една Салфетка. Още няколко студента са седнали наблизо, заинтригувани от разговора.

Сал – Тук съм си запиСала основните Ви аргументи в подкрепа на струнната теория. Ще започна с това, че струнната теория очевидно е много забележителна теория, тя е пълна с чудеса и изненади, тя съдържа толкова много математика, тя очевидно успешно кореспондира с познатата ни физика. Аз храня огромно уважение към хората, които са я развили, и които са мои герои. Но искам да попитам, до каква степен днес сме уверени, че именно това е теорията, която правилно описва природата? Ако сме уверени в това, няма смисъл да изучаваме и развиваме алтернативни теории. Особено като се има предвид, че алтернативи съществуват. И така, нека разгледаме вашия списък с аргументи, утвърждаващи физичната коректност на струнната теория. Започвам с първия: това е единствената теория с която разполагаме, способна да обедини ТГ и КМ...

Симп – Нека засега да оттегля този аргумент. Бях забравил, че вие работите с примки. Естествено, съществува и примковата теория. Нека оставим примките за по-късно.

Сал – Добре. Вие казахте, че теорията имала само един параметър, срещу 19-те на стандартния модел. Общо взето, ние се интересуваме от теория с минимален брой параметри, но ако тази теория позволява да бъдат изведени или пресметнати стойностите на тези свободни параметри. Възможно ли е това в струнната теория?

Симп – Засега не.

Сал – Значи, що се отнася до 19-те параметъра на стандартния модел, струнната теория по същество заменя един открит проблем с друг нерешен проблем.

Симп – Да, но има надежда той да се разреши.

Сал – Аз съм убедена, че ако всички мечти на струнните теоретици се сбъднат, тогава струнната теория ще стане една идеална теория и няма да има никаква нужда от примките. Но пък и ако се реализират всички желания на хората от примковата теория, тя ще стане идеалната теория и няма да се нуждаем от струни. Нека не говорим за надежди, а само за постигнатото.

Симп – И все пак смисълът на 19-те параметъра на стандартния модел не е разбран.

Сал – Добре. В стандартния модел има и други открити проблеми, освен възможността да се пресмятат всички константи. Например, защо има три фамилии. Струнната теория има ли отговор на това?

Симп – ... не...

Сал – и на това защо космологичната константа е малка?

Симп – ... не...

Сал – Тогава?

Симп – Все пак, струнната теория извежда цялата сложност на стандартния модел, изхождайки от една изключително проста картина...

Сал – Един момент. Съгласна съм, че бозонната струна е проста физична картина. Но бозонната струна е физически неадекватна заради тахиона и тя определено не дава стандартния модел. Трябва да се отиде например към хетеротичната струна с калибровъчни групи, суперполета... нееднакво поведение на двете половини на теорията... Не бих нарекла това изключително проста картина. В добавка, трябва да се избере много специално и сложно вътрешно пространство, засега на ръка, за да се получи стандартният модел. Образно казано, едва когато стигнете до втория том на учебника по струнни теории, ще започнете да разбирате дефинициите на моделите, които имат шанс да се окажат реалистични... и след всичко това, сме все още далеч от възможността да извеждаме стандартния модел в неговата пълнота.

Симп – Вие говорите така, сякаш струнната теория е някакво изключително сложно съоръжение, което е измислено от нищото, без особена причина. Неговите странни свойства, като допълнителни размерности, суперсиметрии и всичко останало, не са сложени там само за забавление. Те са плод на логична и последователна еволюция. Забележително е, че всяко от тези усложнения е послужило за разрешаване на специфични теоретични проблеми, изграждащи окончателната теория...

Сал – Кои са тези проблеми?

Симп – ... всичко започна с дуалните модели и амплитудата на Венециано...

Сал – ... амплитудата, която Габриеле Венециано написа, реализира дуалността, за която се смяташе, че присъства във физичните амплитуди на силното взаимодействие между s -канала и t -канала...

Симп – Научили сте си историческата част.

Сал – Е, описва ли формулата на Венециано правилно наблюдаваните напречни сечения?

Симп – Не, не ги описва. Високоенергетичното физично поведение на сеченията на силното взаимодействие не е такова, каквото го предсказва тази формула.

Сал – Именно по тази причина един добър физик би трябвало да направи заключение, че формулата на Венециано, макар и красива теоретична идея, не съответства на реалността и да я изостави, за да се заеме с изучаването на нещо друго... Мисля, че е по-добре да се съобразяваме с реалността, отколкото да вярваме на нашите красиви формули, дори когато те противоречат...

Симп – Действително формулата на Венециано беше изоставена при силните взаимодействия, но с нейна помощ беше постигнато толкова много, та се разбра, че тя може да се получи от струнната теория и че именно тук тя може да се използва по много по-добър начин.

Сал – Един момент, вие разказвате историята на зараждането на тази идея. Но от нея не следват никакви причини да се вярва, че идеята е физически вярна. Ако нещо следва, то е, че това е една лоша стартова идея. Амплитудата на Венециано и дуалността на Долен-Хорн-Шмид за силните взаимодействия беше мотивирана от наблюдаваните резонанси с висок спин, грубата пропорционалност между маса и спин... Ако правилно схващам, всичко това вече е разбрано на базата на квантовата хромодинамика (КХД). Даже учебният “струнно” поведение може да се обясни от КХД; тръби от потоци на цветните силови линии се държат като малки струни в някакво приближение. Затова е логично, че някакъв тип струнна теория ще дава приблизително описание на феноменологията. Правилният физичен извод е, че струнната теория представлява някакво приблизително описание в определен мащаб, но не и фундаментална теория.

Симп – Действително, такова беше заключението. Но се оказа, че формулата на Венециано открива един огромен и прекрасен физичен свят. Тя даде толкова много. Струните са добро описание за други калибровъчни теории, като $N = 4$ Супер-Янг-Милс и е твърде вероятно, че ще бъде намерено струнно описание за големи N КХД.

Сал – Чета една книга, написана отдавна, където току що срещнах следната фраза: “... *perché i nostri discorsi hanno a essere sopra un mondo sensibile, e non sopra un mondo di carta.*” С други думи: “... *нашите аргументи трябва да се отнасят за света, който възприемаме, а не за един хартиен свят*”. Някоя от тези теории няма връзка със света, доколкото ни е известно.

Симп – Теорията по естествен начин включва гравитон, а ние наистина изпитваме гравитация, и освен това теорията е крайна при високи енергии.

Сал – Но тя е съгласувана само в 26-мерно пространство, а светът, който ни обкръжава, не е такъв.

Симп – Обаче това може да се коригира, използвайки компактификацията на Калуца-Клайн.

Сал – Но тогава получаваме теория с тахион, какъвто никой не е виждал, и това поставя под въпрос самосъгласуваността на теорията.

Симп – А това може да се коригира с помощта на суперсиметрията.

Сал – и тъй нататък... Всеки път получавате теория, която или не е самосъгласувана, или противоречи на експерименталните наблюдения, а освен това тя става и все по-сложна.

Симп – ... докато накрая получите теория, която има шанса да бъде самосъгласувана и да не противоречи на природата.

Сал – Може би, но отделните компоненти на теорията не са решения на проблеми от стандартния модел или решения на проблеми, които срещаме в процеса на опознаване на света: това са решения на проблеми, породени от други съставни части на същата теория. Според католическата доктрина има две чудеса, които се случват при една меса: първото е, че виното се превръща в кръв. Второто чудо е, че кръвта прилича и мирише на вино... това е просто едно чудо, което е добавено, за да коригира несъответствията, породени от първото чудо.

Симп – Не бъдете непочтителна. Смисълът е в това да се продължава дотогава, докато накрая се получи теория, която е самосъгласувана и съответстваща на природата.

Сал – ... или докато получите теория, в която не е възможно да се изчисли нищо, не може да се редуцира до 4d, не може да се върнете към стандартния модел... и е достатъчно усложнена и необозрима, че вече не можете да я хванете в грешка и просто обявявате, че тя съдържа всичко, но то ще бъде получено от идните поколения... И ако възникне проблем, например че вакуумите, които сте открили дотук, са нестабилни, както беше установено в една скорошна статия на Гери Хоровиц и др., теорията е достатъчно усложнена, за да може винаги да си мислите, че в нея непременно има нещо, което ще спаси положението...

Симп – Не са виновни физиците теоретици за това, че естественият ход на теоретичните изследвания е довел до такава сложна теория.

Сал – Ами ако все пак са виновни? Предполагам, че когато казвате “естественият ход на изследванията”, имате предвид пътя, който води през теорията на Ферми, QED, $SU(2) \times U(1)$, QCD, стандартния модел, и оттам към големите единни теории, възкресяването на Калуца-Клайн, суперсиметрията, супергравитацията, ... струните...

Симп – Да.

Сал – Ами ако този “естествен ход на изследванията” в някакъв момент е тръгнал в погрешна посока? На мен например ми се струва, че по този път има сериозна пукнатина.

Симп – Какво имате предвид?.

Сал – Дирак предсказа позитрона и той беше открит. Файнман и неговите приятели развиха изчислителен метод за фотон-електронни взаимодействия, който работи със зашеметяваща точност. Уайнбърг, Глешоу и Салам предсказаха неутралните токове и те бяха открити, също така и W и Z частиците, които после Карло Рубиа откри точно там, където трябваше да бъдат, и това са само някои от примерите...

Симп – Е, и?

Сал – И тогава?

Симп – И какво тогава?

Сал – Тогава формулата на Венециано предсказа много меко поведение на амплитудите при високи енергии, а в природата това *не* е така. Великите обединени теории предсказаха разпадане на протона при точно определени условия, но разпадът на протона *не* се оказа там, където се очакваше. Обновената теория на Калуца-Клайн предсказа съществуването на скаларно поле, което беше изследвано от Дике, но то *не* беше намерено. Суперсиметрията предсказа суперсиметричните частици, но те *не* бяха открити там, където многократно се обявяваше. Допълнителните размерности не се появиха там, където неотдавна бяха предсказани от теорията на струните...

Симп – Е, протонът би могъл да има малко по-дълго време на разпадане, а пък масите на суперсиметричните партньори може и да са по-големи...

Сал – Разбира се, че “може”. Всичко е възможно. Но все пак бездната между предишната фантастична последователност от сполучливи предсказания *точно в десетката* и от друга страна сегашната серия от неуспехи е безспорна. По-рано експерименталните физици по частиците постоянно бяха усмихнати и се движеха като герои: изглеждаше така, като че ли Господ чете *Phys Rev D* и изпълнява всички предложения на теоретиците. А днес те слава богу все още се занимават с някои аспекти на стандартния модел, защото физиката, която теоретиците предлагаха, все не се оказваше вярна...

Симп – Винаги е имало случаи теорията да направи погрешни предсказания.

Сал – Да, но също така е имало и верни предсказания, а точно това липсва, откакто беше създаден стандартният модел.

Симп – Това е така, защото енергиите при новопредсказаната физика са прекалено високи.

Сал – Съвсем не. Имаше достатъчно предсказания, които се отнасяха за напълно достъпни енергии. И всички те се оказаха погрешни.

Симп – Е, и какво следва от това?

Сал – Че вероятно природата иска да ни каже, че нашите теоретични изследвания в някакъв момент са тръгнали по погрешен път...

Симп – Това не е доказателство.

Сал – Разбира се. Фактът е, че не се знае. Все пак това най-малкото е един сериозен повод да проучим алтернативите на това, което вие нарекохте “естественият път на еволюцията на физиката на високите енергии”. То е една сериозна причина да се усъмним в идеята, че струнната теория непременно е вярна, тъй като този път ни е довел до нея. Човек следва уверено един път дотогава, докато получава сигнали, че това е правилният път; защо до продължаваме да следваме един път, щом получаваме все повече сигнали, че той е погрешен?

Симп – Може би... Но ако все пак суперсиметрията се открие?

Сал – Тогава пак ще си приказваме. Но аз съм чувала толкова много съобщения, че суперсиметрията “е на косъм да бъде открита”. Разказвали са ми, че някои известни теоретици са заявявали, че суперсиметрията със сигурност ще бъде открита след година или две или в обратен случай те ще си променят мнението. Това се е случвало преди много години, но те и досега не са си променили мнението. Разбирам, че не е лесно да си промениш мнението и то само заради някакви си експериментални факти... Но на кого да вярваме – на природата или на нашите фантазии? Аз самата си спомням, че чух един много прочут физик теоретик, говорейки пред голяма аудитория от математици, да казва че неговите експериментални приятели му били казали че първите доказателства за суперсиметрията вече се очертавали в данните... той го представи като голямо откритие... всички бяха развълнувани... В същото изложение той също обяви, че през следващото хилядолетие математиците ще се занимават именно със струнната теория...

Симп – Сал, моля без сарказъм...

Сал – Добре, извинявам се. Но нека се върнем към друг ваш аргумент. Че струните обединяват всичко, че това е теория на всичко.

Симп – Това не може да се отрече.

Сал – Не, аз не отричам това. Но не съм сигурна че това е верният път, да се стремим към теория на всичко.

Симп – Вие смятате, че усилията да се обединят отделните теории не са полезни?

Сал – Ни най-малко, това е дало много добри резултати през изминалите години. Това, което оспорвам, е самата идея за теория на всичко.

Симп – Това е старата мечта на физиците.

Сал – Да, но тя никога не се е осъществила. И нищо чудно да не се осъществи и този път.

Симп – Този път е по-различно. Разполагаме с теории, които обясняват почти всичко, което виждаме.

Сал – Този път с нищо не се различава от предишните. В миналото много пъти се е случвало физиците да смятат, че разполагат с теории, които са способни да обяснят “почти всичко, което виждаме”. Усещането, че сме “почти” достигнали до теорията на всичко, се ширеше малко преди създаването на квантовата теория, по времето на Максвел, веднага след Нютон... и всеки път се оказваше погрешно...

Симп – Не съм историк. Но този път може и да е вярно...

Сал – Въз основа на какви факти?

Симп – Теорията на струните...

Сал – Която, както вече се съгласихме, *не* описва света, в който живеем, не дава никакви точни и еднозначни предсказания и бих добавила, чиито основи са засега напълно неизяснени.

Симп – Чакайте малко, теорията не е чак толкова лоша. Пертурбационната теория дава възможност да се пресмятат всички крайни амплитуди на разсейване в дълбокия квантово гравитационен режим.

Сал – Така ли? Квантово гравитационен режим имаме тогава, когато енергията на центъра на масите е много над Планк.

Симп – И?

Сал – И именно там пертурбационното развитие в ред вече не е сходящо...

Симп – Имате предвид разходимостта на самия пертурбационен ред, а не безкрайностите в отделните членове.

Сал – Да.

Симп – Но редът е разходящ във всички квантови теории на полето.

Сал – Да, но за тях е известно, че са приближени. При по-високи енергии бихте могли да разчитате на някоя друга теория. А тази трябваше да бъде окончателната теория... Фундаменталната теория не трябва ли да ни осигурява пресмятане на Планково ниво?

Симп – Да, с теорията на пертурбациите не върви... обаче теорията има непертурбативни аспекти... В някои случаи е възможно да се даде непертурбативна рецепта за дефиниране на амплитудите, като например матричната теория за 11d пространството или AdS/CFT за асимптотични AdS времепространства.

Сал – А това да има някакво отношение към *нашия* свят?

Симп – Без сарказъм, Сал. Не можете да отхвърлите всички непертурбативни аспекти на теорията.

Сал – Имате предвид дуалностите, различните схеми, свързващи силното със слабото взаимодействие, построенията на Джо Полчински и други подобни неща...

Симп – Да, теорията се оказва много по-богата, отколкото очаквахме, невероятно е как...

Сал – Зная, ходя на семинари и чувам изблиците на възхищение...

Симп – И тогава?.

Сал – И какво тогава?

Симп – Значи не сте убедена от всичко това?

Сал – В какво да съм убедена?

Симп – В това, че започваме да разбираме и непертурбативния режим и че се случват забележителни неща.

Сал – Да не искате да кажете, че непертурбативният режим е разбран? Че можем да правим рутинни пресмятания в непертурбативен режим?

Симп – Нищо подобно.

Сал – И така, теорията *не* ни позволява да пресмятаме крайни амплитуди на разсейване в дълбокия квантовогравитационен режим... Ще се съгласите ли, ако кажа, че теорията е добре разбрана пертурбативно, макар да *не* съответства на реалния свят, а че имаме само бегли впечатления за нейния непертурбативен режим, но все още без ясна връзка с реалния свят?

Симп – Мисля, че ще се съглася.

Сал – Е добре, след като е била развивана в продължение на толкова много години от най-добрите физици на планетата, чийто брой е неколкостотин..., постигнатият резултат ми изглежда твърде слаб, за да ме ентусиазира истински...

Симп – Въпрос на вкус... Остава неоспоримият факт, че теорията дава крайно пертурбационно разложение за квантовата гравитация.

Сал – Вярно е. И съм съгласна, че това е забележителен резултат. Но даже и по този въпрос имам някои съмнения.

Симп – Съмнения?

Сал – Доказано ли е, че теорията е крайна във всички порядъци?

Симп – Всички казват, че е крайна.

Сал – Всички го казват. Но дали някой го знае със сигурност?

Симп – Има много индикации.

Сал – Много индикации не значи сигурност. Имаше индикации, че супергравитацията е крайна във всички порядъци и някои прочути физици провъзгласиха вдъхновено, че окончателната теория на всичкото е намерена. Оказа се, че тя не е крайна при третите примки, или нещо такова.

Симп – хмм...

Сал – Да го формулираме накратко: има ли книга или статия, или доклад, в който да е показано, че тя е крайна във всички порядъци? Не питам за нещо, което да е убедително за математик. Просто нещо такова, което да може да убеди един полеви теоретик, който е малко скептичен. През 1986 г. в книгата на Грийн, Шварц и Уитън се твърдеше, че вярата в крайността във всички порядъци е обща за струнните теоретици, но все още не се е появило пълно доказателство за това. Вече са минали 15 години оттогава. Появиха ли се такива доказателства през това време?

Симп – Има една статия на Манделщам от 1992 година...

Сал – Знам я тази статия. Тя доказва, че дилатонната разходимост, от която хората най-много се бояха, не съществува при суперструните; обаче има други източници на разходимост. В книгите на Каки и Полчински, написани след тази статия, много ясно е казано, че няма никакво доказателство...

Симп – Не зная дали въобще може да съществува такова доказателство за крайност във всички порядъци...

Сал – Опитвала съм се да разбера това. Пертурбативно крайността никога не е могла да бъде доказана за повече от две примки. В действителност дори не е известно, дали съществува еднозначна процедура за записване на суперструнна амплитуда за повисок от втори род. Не е ясно дали там въобще съществува добре дефинирана теория. Не съм срещала някой, който да е оптимист по вероятността за общия случай, освен някои, които са ми казвали, че това е открито отдавна и било написано в някаква тайнствена статия, за която знаят само те, но не могат да си спомнят точните ѝ координати, а после никога не я изпращат, макар че са обещали.

Симп – Чуйте ме, вие все пак сте учили нещо за струните: това е един прекрасен и необятен свят.

Сал – Да, но “... нашите аргументи трябва да се отнасят за света, който ни обкръжава, а не за един свят, направен от хартия”.

Симп – Това не е просто свят, направен от хартия. Теорията предсказва фермиони, калибровъчни полета, квантовата теория и най-вече тя предсказва гравитацията. В свят, в който гравитацията не е наблюдавана, с помощта на струнната теория един теоретик би предсказал съществуването на гравитация.

Сал – Проф, наистина ли вярвате това?

Симп – Е, може би не напълно.

Сал – В свят, където гравитацията не е била наблюдавана, един теоретик, който е забелязал, че амплитудата на Венециано не съответства на реалността, просто би я пренебрегнал. Причината ние всички да се интересуваме от струнната теория, беше, че в нея има гравитация; ако предварително не се знаеше за гравитацията, никой нямаше да погледне сериозно на струнната теория. Аз бих могла да напиша една теория на стандартния модел, да добавя поле, наречено Пипо, като полето Пипо да не може да съществува без стандартния модел, и да претендирам: “гледайте! моята теория е страшна: ако не познавахме стандартния модел, моята теория щеше да го открие! Следователно моята теория е правилна! Следователно полето на Пипо съществува”. Това е очевидна безсмислица. Ние развиваме само такива теории, които съответстват на това, което ни е известно. Затова е глупаво да се гордеем с факта, че те описват нещо, което вече сме видели. Това е все едно Уайнбърг да претендира, че $SU(2) \times U(1)$ теорията е “предсказала електромагнетизма” и че в свят, в който електромагнетизмът не е бил наблюдаван, той щеше да го предскаже. Това е безсмислица. В свят без електромагнетизъм той просто нямаше да сътвори своята теория. Всъщност Уайнбърг и Салам и Глешоу никога не са имали такива претенции със своята теория. Забележителното предсказание на тяхната теория, което ѝ придаде убедителност, бяха неутралните токове и W и Z частиците... Да се прави голям въпрос от това, че в струнната теория има гравитация, е такъв вид аргумент, който може да възникне само от отчаянието, че тази теория не е способна да предскаже нещо ново със сигурност...

Симп – Предполагам, че много хора биха се съгласили с това...

Сал – Тогава ни остава само последният аргумент: че струнната теория е единственият познат начин да се обединят ТГ и КМ. Кое то ни води до примките.

Симп – Стига толкова за струните?

Сал – Да, идва вашият ред за атака... Атаката е по-лесна от защитата, особено като се има предвид, че засега не разполагаме с експериментално потвърдена теория...

Симп – Добре. Аз зная малко за примковата гравитация, така че моля поправяйте ме, ако сгреша. Но според това, което чувам, теорията се затруднява да покрие ниско-енергетичната граница.

Сал – Вярно е. Това може и да е възможно, но досега не е направено. Може да се записват състояния, свързани с някои класически решения, но все още не съществува начин да се построи теорията на пертурбациите при ниски енергии.

Симп – И засега не е създадена една единствена примкова квантова гравитация.

Сал – Искате да кажете, че определението на ограничения за хамилтониана допуска много варианти? Вярно е.

Симп – Ето това са недостатъците и предполагам, че способните учени като вас смятат, че ще могат да ги поправят...

Сал – Благодаря за “способни”, Проф. Но вие сам казахте, без сарказъм...

Симп – Добре! Да преминем към сериозните проблеми. Първо, известно е, че няма начин да се обединят ТГ и КМ, ако не се преправи ТГ или ако не се въведе материя.

Сал – Откъде е известно?

Симп – Защото ТГ е неренормализуема.

Сал – Това нищо не значи. Има няколко примера за квантови теории на полето, които са добре дефинирани непerturbативно и въпреки това са неренормализуеми, ако се работи с пертурбационен ред.

Симп – Но защо и ТГ трябва да е такава? ТГ е като теорията на Ферми. Емпирично успешна, но неренормализуема. Затова трябва да променим нейното високоенергетично поведение, както направихме с теорията на Ферми.

Сал – Откъде сте сигурен, че ТГ е като теорията на Ферми? Това е една възможност разбира се, но има и други възможности: че ТГ *не* е като теорията на Ферми и че причината тя да е неренормализуема е друга.

Симп – Каква?

Сал – Че това е слабо полево пертурбационно развитие, което не важи за ТГ.

Симп – И защо да е това?

Сал – Защото пертурбационното развитие при слабо поле се базира на Файнманови интеграли, които се сумират по безкрайни импулси, т.е. по области с произволно малък обем.

Симп – Е, и?

Сал – Прости размерностни съображения показват, че тези области са нефизични в квантовата гравитация. Те буквално не съществуват. Интегрирането по степени на свобода, много по-малки от Планковата дължина, е лишено от смисъл. Всъщност примковата гравитация определено подкрепя този възглед, тъй като един от нейните теоретични резултати е, че обемът е дискретен при Планковата дължина. В тази теория буквално не съществува обем, по-малък от Планковия.

Симп – Предполагам, че това е една от хипотезите на теорията.

Сал – Не, това не е хипотеза, това е резултат.

Симп – Как е възможно това?

Сал – Обемът е функция на метриката, а именно на гравитационното поле.

Симп – Окей.

Сал – Поради това обемът е квантова променлива.

Симп – Разбирам.

Сал – Затова той може да е квантуван.

Симп – А как разбираме, че е?

Сал – Както обикновено в квантовата теория: изчисляваме спектъра на съответния оператор.

Симп – Искате да кажете както енергията на хармоничен осцилатор?

Сал – Точно така.

Симп – И?

Сал – И изчислението показва, че спектърът е дискретен и съществува минимален ненулев обем. Следователно в теорията не може да съществуват Файнманови интеграли по произволно малки обеми.

Симп – Малко съм объркан. Ако дискретният обем е резултат, а не е отнапред зададен, какво е физичното пространство-време, върху което е дефинирана теорията?

Сал – Няма такова.

Симп – Не разбирам.

Сал – Това е една фоново независима формулировка.

Симп – Но как е възможно една полева теория “да не е дефинирана върху някакво пространство-време”?

Сал – Същото е положението и в ТГ. В действителност това е реализирана фонова независимост

Симп – В ТГ нещата се развиват върху определено пространство-време. Полетата и частиците притежават динамика върху изкривено пространство-време. Но макар и изкривено, то все пак е пространство-време.

Сал – Физиката върху изкривено пространство-време не е ТГ. ТГ е самата динамика на пространство-времето. Така че ТГ е теорията на квантовото пространство-време, а не квантова теория върху някакво пространство-време.

Симп – Но как можем да правим физика без пространство-време? Няма да има енергия, импулси, положения...

Сал – Наистина.

Симп – Не се знае как можем да правим физика без тези понятия.

Сал – Общата теория на относителността, както теоретична, така и експериментална, се справя много добре без тях. Енергиите, импулсите и положенията могат да се дефинират само в определени граници или по отношение на определени обекти.

Симп – Но това означава да подменим всички основни инструменти на квантовата теория на полето.

Сал – Точно това е, което става в примковата квантова гравитация.

Симп – Почакайте, целият ни опит в квантовата теория на полето показва, че тези инструменти са важни. Квантовото поле е най-ефикасният инструмент, с който разполагаме, за да разберем обкръжаващия ни свят. Не съм готов да се разделя с него.

Сал – Обаче ТГ ни учи, че трябва да направим точно това.

Симп – Вие гледате на ТГ прекалено сериозно. Всъщност ТГ е само един нелинеен лагранжиан, предназначен за описване на гравитационното взаимодействие. Бих се учудил, ако няма никакви високоенергетични поправки към действието на Айнщайн-Хилберт.

Сал – Мисля, че тук има някакво объркване.

Симп – Объркване ли?

Сал – Да, между подробности в действието на Айнщайн-Хилберт и общия смисъл на ТГ, който се състои в инвариантния диоморфизъм или фонова независимост. Когато работещите по примки говорят за сериозно отношение към GR или за смисъла на ТГ, те нямат предвид конкретните особености на действието на Айнщайн-Хилберт. Те имат предвид факта, че една фундаментална физична теория трябва да бъде фоново независима. Това означава, че във фундаменталната теория не съществува фиксирано фоново пространство-време и полета върху него. Просто има много полета, които изграждат самото пространство-време. Това е новата идея, съдържаща се в ТГ, която хората от примките се опитват да внесат в квантовата теория на полето. А не детайлите по действието на Айнщайн-Хилберт.

Симп – Но фоновата независимост е точно това, което и хората от струнната теория се опитват да постигнат.

Сал – Да, питам се защо се опитват да постигнат това с целия гигантски апарат на струнната теория – и никой засега не е успял, когато това изглежда постижимо с конвенционалната ТГ – и хората от примковата теория като че ли вече успяват...

Симп – Има много индикации в струнната теория, че фоново независима теория съществува. Различните дуалности свързват различни развития в ред и те всички са аспекти на една и съща теория...

Сал – Но никому не е известна общата фоново независима формулировка на тази хипотетична теория...

Симп – Да, наистина.

Сал – Докато при примковата гравитация фоновонезависимата формулировка се знае.

Симп – Обаче по този особен начин без пространство-време, без енергия, без импулси, без целия обичаен апарат.

Сал – Всички казват, че се стремят към фонова независимост, а когато я видят, се плашат до смърт от това, колко е странна.... Фоновата независимост е голям концептуален скок. Не можете да я получите евтино, по общоприетия начин.

Симп – Струнната теория може да бъде формулирана непертурбативно с помощта на една плоско-пространствена теория, дефинирана върху границата на пространство-времето.

Сал – Да, Хуан Малдасена показва пътя. Но този модел не описва нашия свят, той е твърде нереалистичен...

Симп – ... да, но той показва, че може би съществува възможност да се дефинира реалистична, фоново независима теория, посредством граничната теория.

Сал – Може да е така, но засега не сме видели никакъв реалистичен модел. Може да се окаже, че някои теории за вътрешността са свързани с определени гранични теории, вероятно защото имат същата симетрия или по друга причина; или може би са свързани в някакви сектори, които аз не познавам. Но даже да беше вярно, че някоя фоново независима теория може да бъде нанесена върху една плоско-пространствена теория, можем ли да твърдим че сме разбрали фоновонезависимата физика? Възможно е да нанесете една специално-релативистична теория върху теория с привилегирована координатна система и там да правите пресмятания. Но дотогава, докогато постъпвате така, вие няма да сте разбрали Лоренцовоинвариантната физика... Ние се опитваме да налучкаме верния начин на мислене във фоново независим режим, а не просто да се изнесем извън него.

Симп – Разбира се, но това би могла да бъде една полезна първа стъпка.

Сал – Естествено, точно така е. Далеч съм от мисълта да отричам, че в струнната теория се извършва активно търсене на фоново независима физика, или поне на някакви признаци за това. Но искам да кажа, че в примковата гравитация вече има фонова независимост, изцяло изградена върху основите на теорията.

Симп – Мога да се съглася с това, но за сметка на това пък не е възможно да се слезе до нискоенергетичната физика. Ако примковата теория е вярна, можете ли да пресметнете сечението за гравитационно-гравитационното разсейване? Използвайки вашия краен минимален обем, можете ли да фиксирате константите пред всички членове, които при конвенционалната пертурбационна теория остават неопределени?

Сал – Мисля, че се работи по този въпрос, но засега не съм видяла нищо положително... Струва ми се, че точно това е слабото място на примковата теория в настоящия момент...

Симп – Така съм съгласен. Защото и аз признах за толкова много слабости на струнната теория!

Сал – Чудесно....

Симп – И така да допуснем, че аз вярвам на вашата квантова обща теория на относителността сама по себе си, без материя. Но дори и тогава все още съм далеч от една реалистична теория. Защото в света има материя.

Сал – В примковата гравитация лесно можете да опишете взаимодействието на фермиони с полета на Янг-Милс. Всъщност, ако искате даже можете да изградите суперсиметрична теория, но работата е в това, че то не се изисква нито от самосъгласуваността, нито от експеримента, затова не представлява интерес. В няколко статии беше отбелязано, че това е възможно. Затова просто свързвате материята, която виждате наоколо, с квантовата ТГ.

Симп – И значи нямате обяснение защо съществуват точно тези конкретни форми на материята и точно това конкретно взаимодействие в стандартния модел?

Сал – Не, но засега не се вижда и струните да имат по-голям успех в това. Да се надяваш, че някаква непертурбативна физика, която още никой не е разбрал, ще успее да подбере правилното многообразие на Калаби-Йо измежду милиони други, с нищо не е по-добре от това честно да признаеш, че не можеш да разбереш защо именно $SU(2) \times SU(3) \times U(1)$. Мисля, че още сме много далеч от края на физиката! Което е добре за нас, младите... Кой знае, ние просто не разбираме дълбоките физични основания на стандартния модел. Аз намирам за много по-привлекателно обяснение на стандартния модел възгледа на Ален Кон, който го свързва с една проста геометрия, отколкото идеята за струните, според която това е минимум на някакъв потенциал, за който нищо не знаем.

Симп – Допускам, че като добавите материята към примковата гравитация, губите крайността, защото тогава се връщат предишните безкрайности.

Сал – Нищо подобно! В действителност крайността се разпространява например и върху КХД, взаимодействаща с гравитацията. Поради същата причина: няма малък обем. Както виждате, от гледна точка на КХД взаимодействието с гравитацията е все едно да се живее върху решетка с Планков мащаб, при който теорията не съдържа безкрайности.

Симп – И тогава какъв е точно статутът на тези крайни резултати?

Сал – Доколкото съм разбрала, има два вида крайни резултати. В Хамилтоновата формулировка на теорията се доказва, че операторите, които дефинират теорията непертурбативно, не развиват дивергенжности. В действителност математическите основи на примковата гравитация са изключително солидни. Те са развити до степен на строгост, характерна за математичната физика.

Симп – Зная. От една страна това е придало солидност на теорията, но от друга е направило езика труден за разбиране от физиците, работещи в областта на високите енергии.

Сал – В такъв случай има и друга формулировка на теорията, наречена спинова пяна, която представлява Файнманово-подобен пертурбационен ред за пресмятане на амплитудите. Поне за някои от неговите Евклидови версии съществуват математични теореми, които твърдят, че редът е краен.

Симп – До кой порядък на пертурбационния ред?

Сал – До произволен порядък.

Симп – Твърдите, че съществува пертурбационно развитие, за което е доказано, че е крайно във всички порядъци?

Сал – Да, сър. За разлика от струните.

Симп – В такъв случай защо не е възможно от него да се пресмятат амплитудите на разсейване, например между гравитони?

Сал – Защото развитието е дефинирано в някакъв базис, а засега не се знае как да се формулират вакуумното състояние на Минковски и гравитонните състояния в този базис...

Симп – Ясно... За момент почти ме бяхте убедили да се захвана да изучавам примките... И така, ако специалистите по примки все още не могат да описват гравитоните, каква физика изобщо биха могли да описват, освен очертаната от тях примковидна картина на реалността в Планков мащаб?

Сал – Черни дупки с тяхната ентропия, ранна космология...

Симп – Да, чувал съм, че съществува активна “примкова квантова космология” която даже претендира, че раздуването може да се предизвика от квантови гравитационни ефекти... Но нека мина към някои сериозни възражения. Вярно ли е, че Хилбертовото пространство на теорията не е сепарабелно?

Сал – Не, не е вярно. На някакъв етап то не беше добре дефинирано. Сега съществува подходяща дефиниция, при която Хилбертовото пространство е сепарабелно.

Симп – Но теорията се основава на примкови състояния, които се създават от холономни оператори...

Сал – да.

Симп – ...и ние знаем, че в КХД тези състояния не са добри. Те не са ренормализуеми; полевият оператор е размазан само в едно измерение, което не е достатъчно. И ако се опитате да използвате тези състояния като ортогонални базисни състояния, всичко се обърква. Самата изходна позиция на примковото представяне е погрешна.

Сал – Всичко, което казахте, е вярно за КХД. Но в гравитацията нещата са по-различни. Наистина различни.

Симп – Защо?

Сал – Точно поради диф-инвариантността. Или ако предпочитате, защото обемът е квантуван. Физически примковите състояния не са концентрирани върху безкрайно тънки линии: те като че ли притежават Планков размер. Математически става така, че локализацията на примката върху координатното пространство си е чиста калибровка. Физическите степени на свобода не са в локализацията на примката, а в това, което остава, след като отделите в множител дифеоморфизмите, т.е. те са в начина, по който примките се пресичат или свързват помежду си. В действителност безкрайностите много точно се премахват от диф-инвариантността.

Симп – Не съм сигурен, че разбирам това.

Сал – Е да, необходимо е да се навлезе в математиката на теорията. Но главното е това, че в гравитацията примковите състояния стават добри състояния. Нека го кажа по друг начин. Когато са върху решетка примковите състояния образуват идеално дефиниран базис, нали така?

Симп – Да, разбира се, именно континуалният преход създава затруднения.

Сал – Е, добре, в гравитацията нещата стоят така, като че ли през цялото време се намирате върху решетка с Планкова стъпка, защото всяко отделно примково състояние не се нуждае от фоново пространство-време. То съществува върху решетка, образувана от всички останали примки.

Симп – Хм, започвам да разбирам. Теорията Лоренцово инвариантна ли е?

Сал – Нямам представа. Предполагам, че е същото както в класическата ТГ. Лоренцовата инвариантност не се нарушава, ако състоянието на гравитационното поле се окаже Лоренцово инвариантно, обаче се нарушава, ако то не е такова...

Симп – Смесвате симетрията на едно решение със симетрията на цялата теория. Класическата ТГ е Лоренцово инвариантна.

Сал – Не, не е. Лоренцовата група действа в тангенциалното пространство, във всяка точка на пространство-времето. Но теорията не е Лоренцово инвариантна в този смисъл, който имате предвид. Ако беше, щяхме да можем да правим Лоренцово преобразование на всяко решение на теорията, нали? ... както можем да преобразуваме Лоренцово всички решения на Максвеловата теория.

Симп – А не можем ли?

Сал – Какво ще се получи, ако преобразувате едно космологично Фридманово решение?

Симп – Добре, права сте. Но ако допълнително приемем, че пространство-времето е асимптотично Минковскианово...

Сал – Тогава да, разбира се, ако наложите Лоренцово инвариантни гранични условия, вие правите теорията Лоренцово инвариантна. Ще се прояви действието на

аСимптотичната Лоренцова група... Но не съм сигурна, че съществуват такива квантови състояния, които са точно аСимптотично Минковскианови в квантовата теория. Може и да има, може би в Планков мащаб симетрията спонтанно се нарушава поради малкия размер на структурата. Както при образуването на кристала се нарушава ротационната симетрия, характерна за динамичната теория на изграждащите го атоми. Всъщност не зная...

Симп – Но съществуването на минимална дължина не е ли очевидно принципно несъвместимо с Лоренцовата инвариантност?

Сал – Не, това е погрешно твърдение.

Симп – Защо? Ако бавно варираме минималната дължина, тя постепенно се скъсява....

Сал – Не, това е квантова теория. Би било все едно да твърдите, че наличието на минимална дължина на z -компонентата на ъгловия момент води до нарушаване на ротационната инвариантност, защото можете равномерно да го сведете до нула. В квантовата теория това което се изменя по непрекъснат начин, е вероятността да получите една или друга собствена стойност, а не самите собствени стойности. Същото е и с минималната дължина, която се появява като собствена стойност. Ако започнете да намалявате някаква величина, съответстваща на определено собствено състояние на дължината, ще се получи равномерно нарастване на вероятността за възникване на друго собствено състояние на дължината, но не скъсяване на самата дължина.

Симп – А! Чудесно. Тогава примковата гравитация предсказва ли Лоренцовото нарушение или не?

Сал – Не съм сигурна. Мисля, че засега положението е както с големите допълнителни размерности при струните. Може би. А може би не.

Симп – Хм... Но ако нямате Лоренцова симетрия, може да нямате ермитов Хамилтониан. Примковата гравитация унитарна ли е?

Сал – Не, доколкото разбирам.

Симп – Това е катастрофално.

Сал – Защо?

Симп – Защото унитарността е условие за самосъгласуваност.

Сал – Защо?

Симп – Защото без унитарност вероятността не се запазва.

Сал – В какво да се запазва?

Симп – Във времето.

Сал – В кое време?

Симп – Какво искате да кажете с “кое време?” Времето.

Сал – В ТГ няма единно понятие за време.

Симп – Няма координата t ?

Сал – Има, но всяка наблюдаема е инвариантна при изменение на t , и поради това всичко е постоянно при това t , просто поради калибровъчната инвариантност.

Симп – Объркан съм.

Сал – Зная, че това винаги води до объркване... Непертурбативната ТГ е съвсем различна от физиката върху Минковски...

Симп – Наистина ли е необходимо да навлизаме в концептуалните усложнения на ТГ?

Сал – Е, ако ще обсъждаме теорията, която се смята за обединител на ТГ и КМ ...

Симп – Струнната теория ги обединява и то без тези усложнения.

Сал – Точно затова аз мисля, че струнната теория не обединява истински ТГ и КМ.

Симп – Но вие се съгласихте, че тя го прави.

Сал – Не, аз се съгласих, че струните дават крайно пертурбационно развитие за квантовото гравитационно поле и това развитие става невалидно там, където нещата започват да стават интересни: в режима на силно поле.

Симп – И все пак защо струнната теория не обединява ТГ и КМ?

Сал – Именно затова защото GR ни казва, че не съществува фиксирано фоново пространство с вещество върху него. Струните винаги са дефинирани за фонове пространства с вещество върху тях.

Симп – Но фонът произлиза просто от разграничението между непертурбираната и пертурбираната конфигурация на полето, което винаги се прави в квантовата теория на полето.

Сал – Така постъпваме в пертурбационната теория. Но не и ако дефинираме КХД като граница на теорията на решетката. А пертурбационната теория на слабото поле може и да не е приложима в гравитацията.

Симп – И какви заключения правите от това, което е известно за непертурбативната струнна теория?

Сал – Известни са уравненията, които свързват теориите, дефинирани върху различни фонове. Това са признаци, че може би съществува фоново независима теория.

Но това все пак още далеч не значи, че сме разбрали основните принципи на фоново независимата теория.

Симп – Напълно фоново независима теория представлява невероятно тежка задача, ние сме далеч от нейното разрешаване.

Сал – Примковата гравитация вече го е постигнала.

Симп – И там върху какво стоят полетата и другите неща ?

Сал – Едно върху друго, така да се каже.

Симп – Не прилича много на физиката, която познавам.

Сал – Но е прекрасно. Вие говорихте за красотата на струнната теория. Възникването на време-пространството във вид на възбудени състояния, във вид на състояния като примки и като спинова мрежа, е изключително красиво. Това означава, че квантовата теория и общата относителност наистина комуникират помежду си...

Симп – Ако фоновото пространство-време липсва, тогава и времето също ли ще липсва?

Сал – Да, сър.

Симп – И ако вие не искате да наложите аСимптотична плоскост, то тогава няма да имате и аСимптотично фоново време?

Сал – Да, сър.

Симп – А ако нямате фоново време, тогава не може да има унитарна еволюция, нали така?

Сал – Да.

Симп – Не съм сигурен, че мога да приема такава теория, в която не съществува от самото начало време и пространство и липсва унитарност...

Сал – Предполагам, че именно по тази причина има такава съпротива срещу примковата гравитация... И ето, всички търсят фонова независимост, а когато я срещнат, като че се плашат... Във всеки случай ние всички можем да вярваме каквото си искаме дотогава, докато експериментът не покаже кой е прав и кой не, а засега нямаме такъв експеримент. Бъдещето ще покаже... Но аз исках да кажа, че от липсата на унитарност *не* следва, че теорията е непоследователна. А само че понятието за време е преплетено с динамиката. Подобно на факта, че енергията не се запазва в затворената вселена.

Симп – Добре, това мога да приема. Но ние се отклонихме... можем ли да се опитаме да обобщим?

Сал – Добре, предполагам вашето заключение ще е, че примковата гравитация е: (а) твърде различна от обикновената квантова теория на полето, (б) недовършена и (в) все още неспособна да опише физиката при ниски енергии...

Симп – А вашето заключение е, че струнната теория: (а) не описва реалния свят, в който живеем, (б) няма предсказателна способност, защото може да опише всякакъв експериментален резултат, (в) изисква огромен антураж от нова феноменология като суперсиметрия и допълнителни размерности, които не могат да се видят, и (г) не е довела до истинско принципно сливане на понятията за пространство-време от квантовата механика и общата относителност...

Сал – Разбира се, те и двете може да не са верни...

Симп – Или и двете да са верни: примковата теория може в края на краищата да опише някои аспекти на квантовата гравитация, а пък струните – някои от другите аспекти...

Сал – Проф, може би малко се увлякох в нашия спор, но нека да е ясно следното. Аз мисля, че струнната теория е една прекрасна теория. Изпитвам огромно възхищение към хората, които са съумели да я създадат. Но при все това една теория може да внушава благоговение и все пак да е физически погрешна. В историята на науката е имало много красиви идеи, които после са се оказвали погрешни. Преклонението пред математическата красота не бива да ни заслепява. Въпреки огромната интелектуална мощ на хората, работещи в нея, въпреки многобройните струнни революции и всеобщи свръхочаквания, годините минават, а теорията не ражда нова физика. Всички ключови въпроси си остават открити. Връзката с реалността става все по-далечна. Всички физични предсказания на теорията бяха опровергани от експериментите. Не съм убедена, че старата претенция, според която струнната теория е много успешна квантова теория на гравитацията, е все още оправдана. Ако днес твърде много теоретици се занимават със струните, съществува определен риск, че цялата тази умствена енергия, концентрираната интелигентност на цяло едно поколение учени, може да бъде прахосана в преследването на една красива, но безплодна фантазия. Съществуват алтернативи, на които трябва да се гледа сериозно. Примковата гравитация се развива от много по-малък брой хора; и тя си има проблеми, както вие изтъкнахте, но пък успява на някои места, които са недостъпни за струните, и е по-близка до реалността. И ако се замислите за квантовите възбуждания, изграждащи физичното пространство, вие действително ще забележите как квантовата механика и общата относителност се свързват една с друга. И това е прекрасно. Изпитвам огромно уважение към струнните теоретици, но мисля че е дошло времето да изучим и други неща. Ще се съгласите ли поне с това, че и двете теории си струва да се изследват?

Симп – ...

Последните думи на Професор Симп не се чуха. Но се видя, че той се усмихва, а по-късно е бил чут да се отзовава за Сал като за упорита, но определено много умна. Впрочем Сал и досега си търси работа...

Превод: Св. Рашев

(Carlo Rovelli, “A Dialog on Quantum Gravity”)

* Диалогът се цитира в статията на Иван Тодоров “Имат ли суперструните алтернатива?”, *СФ* 2/04. Редколегията му благодари за предоставянето на настоящия материал.

** Авторът използва аналогията с прочутите диалози на Галилей, в които се спори по двата главни модела за планетарна система от онова време – на Птолемей и на Коперник. Две от действащите лица в тези диалози са Филипо Салвиати (*Sal*), високо уважаван учен и приятел на Галилей, и Симпличо (*Simp*), което на италиански значи простоват и наивен – *бел. ред.*

Page:

57

Екътъра на съответния оператор

2004 – ГОДИНА НА ВАЖНИ РЕШЕНИЯ ЗА УПРАВЛЯЕМИЯ ТЕРМОЯДРЕН СИНТЕЗ

Динко Динев

1. Увод

През 2004 г. трябва да се вземат две важни решения, които до голяма степен ще определят развитието на физическите изследвания през следващите 10-20 години.

Първото решение е свързано с избора на технология и място за бъдещия международен линеен колайдър. В този колайдър два снопа от електрони и от позитрони, движейки се по права линия, ще се ускоряват до енергия 500 GeV – 1 TeV и ще се сблъскват насрещно. При удара ще се освобождава гигантска за мащабите на микросвета енергия, необходима за раждането на нови частици и за навлизане още по-дълбоко в тайните на материята.

Второто решение, което трябва да се вземе, е относно избора на място за международния термоядрен реактор ITER.

За място, в което ще се построи ITER, се състезават две предложения. Едното е на Европейският съюз (ЕС) и е за Cadarache, Франция, а второто е на Япония – за Rokkasho.

Тъй като строителството и експлоатацията на термоядрения реактор ще отвори хиляди нови работни места и ще привлече големи инвестиции, изборът на място за ITER силно се политизира.

През миналата година американският министър на енергетиката S. Abraham публично се изказа срещу френското предложение, което е лесно обяснимо предвид позицията на Франция по войната в Ирак. Въпреки това ЕС се обедини около френското предложение за Cadarache. То се подкрепя още от Русия и Китай. Зад японското предложение за Rokkasho застават САЩ и Южна Корея.

Трябва да се отбележи, че Франция има значителен опит в термоядрените изследвания. В Cadarache е разположен най-големият свръхпроводящ токамак в света Tore Supra. Япония от своя страна предлага строителство “на зелена поляна” в отдалечената северна част на страната. Поради отсъствието на собствени енергийни ресурси Япония е силно заинтересована от успеха на програмата за управляем термоядрен синтез и е готова да окаже всестранна подкрепа на проекта. Япония също има разгърнатата програма за изследвания по термоядрен синтез.

Всъщност освен построяването на самия термоядрен реактор проектът ITER предвижда и изграждането на голям международен център за изследване на поведението на материалите при облъчването им с много силни неутронни потоци (вж. *Светът на физиката*, кн. 3’01). Предвижда се построяването и на център за дистанционно управление. Всичко това улеснява намирането на компромис между участващите в проекта ITER страни.

В тази статия се прави кратък обзор на физическите основи на управляемия термоядрен синтез и на термоядрените реактори от типа токамак и се дават сведения за някои съществуващи реактори.

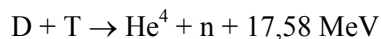
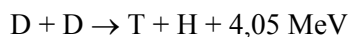
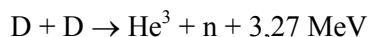
2. Управляем термоядрен синтез (УТС)

Известно е, че енергията, запасена в ядрата на атомите, може частично да се освобождава при два типа ядрени реакции – реакция на делене на тежки ядра на по-леки и реакция на синтез (сливане) на леки ядра в едно по-тежко.

Неконтролируема (взривообразна) верижна реакция на ядрено делене се реализира в атомната бомба, а неконтролируема реакция на ядрен синтез – във водородната бомба. Що се касае до контролираното (управляемото) протичане на тези реакции, то управляема верижна реакция на ядрено деление се реализира в ядрените реактори, а управляема реакция на ядрен синтез – в усилено разработваните през последните десетилетия термоядрени реактори.

И двата вида реакции не водят до изхвърлянето в атмосферата на CO_2 и на серни и азотни окиси, което е типично за топлоелектрическите централи и което е причина за значителното замърсяване на околната среда и за т.нар. парников ефект. Но докато ядрените реактори са източник на големи количества дългоживущи радионуклиди, чието безопасно съхраняване или преработка продължава да бъде сериозен проблем, то реакцията на ядрен синтез въобще не води до производството на опасни странични продукти.

От практически интерес са следните реакции на ядрен синтез:



$$(1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J})$$

Първите две реакции са равновероятни.

Деутерият се съдържа в обикновената вода в съотношение 1:7000 спрямо водорода и може лесно да се извлече от нея. Така имаме един на практика неизчерпаем източник на енергия.

При “изгарянето” на една чаша с вода в термоядрен реактор ще се отдели толкова енергия, колкото при изгарянето на един тон нефт. Изчислено е, че един килограм гориво на ден ще е достатъчно, за да се обезпечи работата на термоядрен реактор с електрическа мощност 1000 MW.

За да се осъществи реакцията на ядрен синтез, двете сливащи се ядра трябва да се доближат толкова едно до друго (на разстояние $\sim 10^{-15} \text{ m}$), че да започнат да действат ядрените сили между нуклоните. На това сближаване се противопоставят силите на електростатично отблъскване между положително заредените ядра. Необходимо е да се преодолее т.нар. Кулонова потенциална бариера, а за това сливащите се ядра трябва да притежават достатъчно голяма кинетична енергия. Голяма кинетична енергия на ядрата означава висока температура. Следователно, ако успеем по някакъв начин да затворим сливащите се ядра в един ограничен обем и да ги нагреем до достатъчно висока температура, при своето хаотично топлинно

движение ядрата ще изпитват многобройни удари помежду си и с голяма вероятност ще влизат в реакция на ядрен синтез. Този тип ядрен синтез се нарича термоядрен синтез.

Височината на Кулоновата бариера за деутериеви ядра (деутрони) е $\sim 360 \text{ KeV}$. Ако искаме средната кинетична енергия на топлинното движение на сливащите се деутрони да е равна или по-голяма от тази енергия, ще трябва да нагреем деутерия до $T = 4 \cdot 10^9 \text{ K}$. При толкова висока температура деутерият се превръща в плазма – равнокомпонентна и като цяло неутрална смес от бързи деутрони и бързи електрони.

Всъщност достатъчни са по-ниски, макар и все още относително високи температури $\sim 40 \text{ KeV}$ ($1 \text{ eV} = 11\,600 \text{ K}$). Частиците в плазмата имат непрекъснато разпределение по скорости, което в равновесно състояние е разпределение на Максвел. За да работи термоядреният реактор, е достатъчно само малка част от сливащите се ядра да притежава енергия, позволяваща преодоляване на Кулоновата бариера – това са ядра, попадащи в дясната част на разпределението по скорости. Енергията, която се отделя при всеки елементарен акт на сливане, е толкова голяма, че е достатъчно само малка част от всички ядра да встъпват в реакция на синтез.

И така, термоядреният синтез протича в деутериева или в деутериево–тритиева плазма. Но плазмата притежава висока топлопроводност. При всеки контакт със стените на съда, в който е затворена плазмата, тя бързо ще се охлажда до толкова ниски температури, че протичането на реакцията на синтез ще стане невъзможно. Освен това конструктивните материали, от които е направен реакторът, издържат, без да се разтопят, до температури $\sim 4000 \text{ K}$.

Трябва да се намери средство, достатъчно ефективно удържащо плазмата в един ограничен обем, като не ѝ позволява да попадне в съприкосновение със стените на реактора. Това средство е силно магнитно поле с подходяща конфигурация на силовите линии – т.нар. термоядрен реактор с магнитно удържане на плазмата. Известно е, че заредените частици се движат в магнитно поле по винтови линии около силовите линии на полето т.е. магнитното поле ограничава (удържа) движението на частиците в напречно на полето направление. Движението на частиците може да се ограничи и в надлъжно направление, ако се създадат области с много по-силно от средното магнитно поле – т.нар. магнитни огледала. Най-общо казано, удържащото плазмата магнитно поле трябва да има такава сила B , че магнитното налягане B^2/μ_0 да уравни кинетичното налягане на плазмата $2nkT$, където n е плътността на плазмата, а T е плазмената температура.

За D-T плазма удържащото магнитно поле B трябва да е по-голямо от 7 T , а за D-D плазма – $B > 22 \text{ T}$.

Дори плазмата в един магнитен термоядрен реактор да се удържа достатъчно ефективно от съприкосновение със стените на реактора, тя ще се охлажда, понеже част от енергията на плазмата се излъчва под формата на електромагнитно лъчение. При своите стълкновения частиците на плазмата изпитват ускорения, а това води до т.нар. спиращо лъчение. Излъчената мощност е пропорционална на квадрата на плътността на плазмата (n^2) и на квадратен корен от температурата ($T^{1/2}$). Това е меко рентгеново лъчение, което излиза извън плазмата, отнасяйки енергия. Освен спиращо лъчение плазмата излъчва и т.нар. синхротронно лъчение, което е в инфрачервената и микровълновите части на спектъра.

Минималната температура на плазмата в един термоядрен реактор се определя така, че енергията, отделена при реакцията на синтез, да е по-голяма от радиационните загуби на енергия. За D-T плазма минималната температура на плазмата е $T_{\min} = 4 \text{ KeV}$, а за D-D плазма – $T_{\min} = 40 \text{ KeV}$.

Друг важен параметър на термоядрения реактор е плътността на плазмата в него. При ниска плътност на плазмата е ниска и плътността на мощността на реактора. Реакторът има много големи размери. Силно удържащо магнитно поле трябва да се създава в огромен обем, а това изисква колосална електрическа енергия. Обратно, ако плътността на плазмата е много висока, ще имаме много висока плътност на мощността в реактора. Това означава много голям неутронен поток, водещ до прегряване и радиационно разрушаване на стените на реактора. Технически осъществим е реактор с плътност на мощността $\sim 40 \text{ MW/m}^3$, което означава плътност на плазмата в реактора $10^{20} - 10^{21} \text{ m}^{-3}$.

Балансът на енергията в плазмата на един термоядрен реактор е оценен за първи път от Лоусън (J. D. Lawson). Според неговата оценка, за да се постигне самоподдържаща се работа на реактора, при която реакторът ще произвежда повече енергия, отколкото е необходима за загряването на плазмата и за покриване на загубите за излъчване, е необходимо произведението от плътността на плазмата и времето, за което тя се удържа в реактора ($n\tau$), да бъде по-голямо от една критична стойност.

За D-T плазма тази критична стойност е $n\tau > 10^{20} \text{ m}^{-3}\text{s}$, а за D-D плазма – $n\tau > 10^{22} \text{ m}^{-3}\text{s}$.

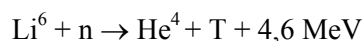
Условията, необходими за осъществяването на управляема термоядрена реакция, са дадени в Таблица 1.

Таблица 1. Условия за UTC

Параметър	D-T плазма	D-D плазма
n, m^{-3}	$10^{20} - 10^{21}$	$10^{20} - 10^{21}$
$n\tau, \text{m}^{-3}\text{s}$	$> 10^{20}$	$> 10^{22}$
T, KeV	> 10	> 100
B, T	> 7	> 22

От Таблица 1 се вижда, че при D-T реакция на ядрен синтез времето на удържане на плазмата е с два порядъка по-малко от това за D-D реакция. Освен това D-T реакция на синтез има на порядък по-ниска температура на запалване и изисква по-слабо удържащо магнитно поле. По тази причина в термоядрените реактори е избрана D-T реакция на синтез.

D-T реакцията на синтез има и сериозни недостатъци. Тритият е радиоактивен и не се среща в природата. За щастие достатъчни количества тритий могат да се получават в самия термоядрен реактор в резултат на реакцията:



За целта в реактора се поставя обвивка (blanket) от Li, която се облъчва с неутрони, излъчвани от плазмата и предварително забавени до топлинни енергии.

При D-T реакция на синтез 80% от енергията се отнася във вид на кинетична енергия на получаваните в реакцията неутрони. Тази енергия се преобразува в топлинна, а след това и в електрическа енергия.

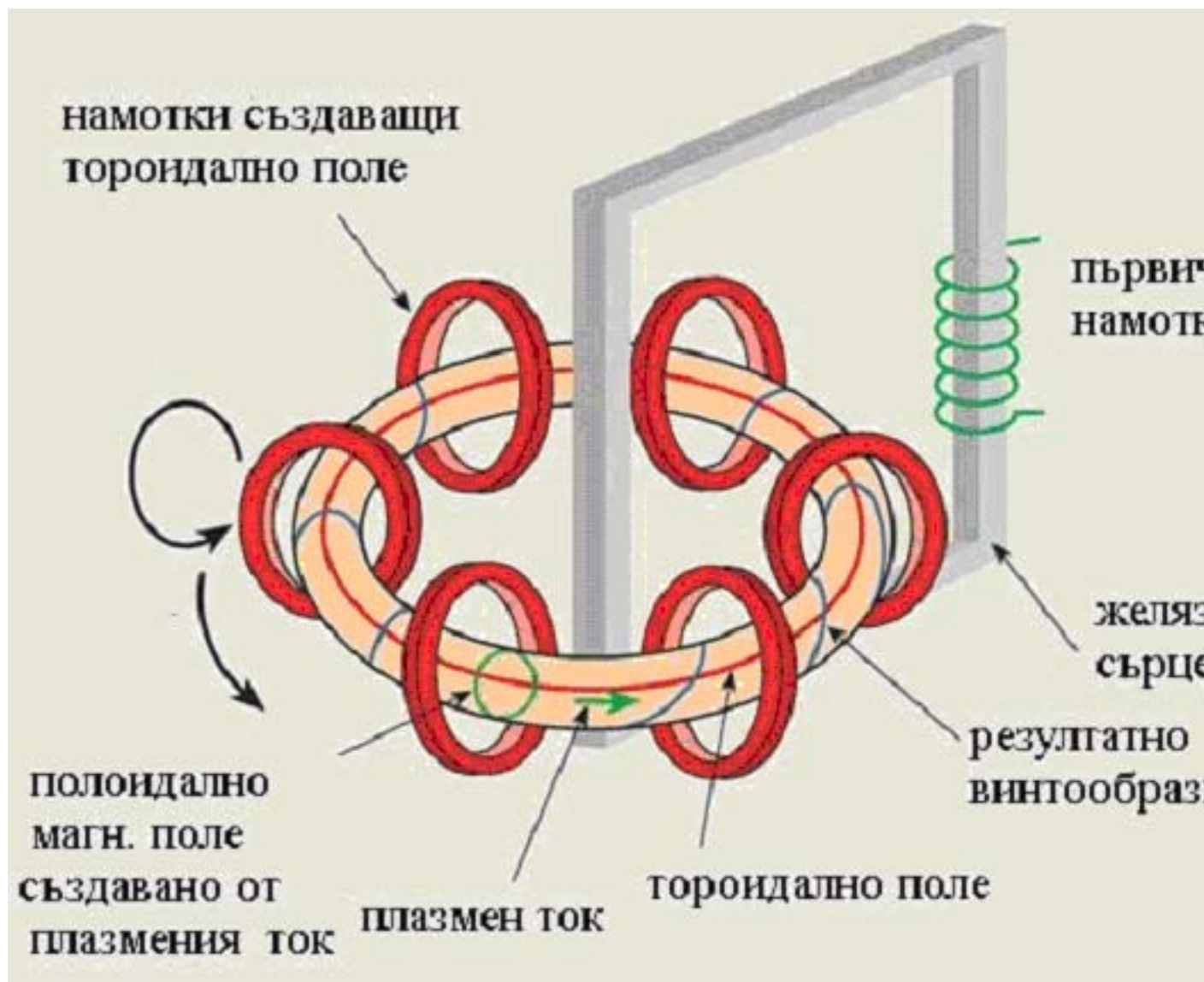
3. Токамак

Токамак е термоядрен реактор с магнитно удържане на плазмата, разработен в Русия в началото на 50-те години. Благодарение на простотата и естествеността на идеите, заложи в този тип магнитен термоядрен реактор, той е получил най-широко разпространение. За вече над 50 години теоретични и експериментални изследвания и усъвършенствания, провеждани в различни страни, токамакът се е доближил плътно до условията за работещ управляем термоядрен реактор.

Названието “токамак” е дадено от И. Н. Головин и Н. А. Явлинский и означава “тороидальная камера с магнитной катушкой”.

Както личи от самото название, в токамака се използва тороидална (пръстеновидна) камера, в която D-T плазма се загрява до необходимата висока температура и се реализира управляема реакция на ядрен синтез между ядрата на трития и деутерия. Плазменият шнур се удържа от съприкосновение със стените на камерата от едно винтообразно магнитно поле. Това магнитно поле се създава от суперпозицията на две магнитни полета:

- Тороидално магнитно поле. То се създава от намотки, които са надяжати върху тороидалната камера и по които се пропуска силен ток.
- Полоидално магнитно поле. Силовите линии на това поле са концентрични на малкото сечение на тороида. Това поле се създава от протичащ в самата плазма силен ток, насочен по оста на тора. За целта камерата се надява на едно от рамената на железен магнитопровод. Плазменият шнур играе ролята на вторична намотка на един трансформатор. Първичната намотка на трансформатора се надява на другото рамо на магнитопровода. Когато през нея се пропусне променлив ток, във вторичната намотка, т. е. в плазмата, протича индукционен ток. Този ток йонизира газа в камерата, създавайки плазма, загрява тази плазма до висока температура и едновременно с това създава полоидалното магнитно поле.



Фиг. 1. Принципно устройство на токамак

Това, че магнитните силови линии в токамака са винтообразни, е от съществено значение за устойчивостта на плазмата. Работата е в това, че чисто тороидалното (насочено по оста на тора) магнитно поле не е пространствено еднородно. То е по-силно в близост до вътрешната стена на тора и по-слабо в близост до външната му стена. Този радиален градиент на полето води до движение (дрейф) на електроните и на йоните на плазмата във вертикално направление и в крайна сметка до големи загуби на частици и до охлаждане на плазмата. Но когато силовите линии са винтообразни, частиците периодично попадат в области със силно магнитно поле в близост до вътрешната стена на камерата и в области със слабо поле в близост до външната й стена. Сега средният вертикален дрейф на частиците е равен на нула и плазменият шнур се удържа ефективно далеч от стените на камерата.

За допълнително стабилизиране на плазмата около камерата се разполага дебел меден кожух и система от коригиращи намотки. С тяхна помощ се управлява формата и положението на плазмата в камерата.

За съжаление съпротивлението на плазмата е ниско и намалява с температурата. По тази причина индукционният ток в плазмата не може да я нагрее до температури, достатъчно високи за започване на самоподдържаща се реакция на синтез. Необходими са източници за допълнително подгриване на плазмата. За тази цел в токамаците се използват два подхода:

- Инжектиране в плазмата на високоенергетични (~ 120 KeV) неутрални деутериеви атоми;
- Пропускане през плазмата на микровълново лъчение с честота ~ 140 GHz и мощност ~ 1 MW, т.нар. RF нагриване на плазмата.

В един токамак трябва да се създава силно магнитно поле в голям обем ~ 10 m³. Енергията, запасена в това поле, е огромна – за токамака Т-15, Русия, тя е равна на 600 MJ! Единственият начин да се намали значително консумираната от електромагнита на един токамак електрическа мощност е да се използват магнити със свръхпроводящи намотки. Първите токамаци със свръхпроводящи електромагнити са Т-7 в Русия и LHD в Япония.

Сериозен проблем пред магнитното удържане на плазмата е загубата на частици поради различни трептения на плазмата, т.нар. плазмени неустойчивости. Плазмените неустойчивости могат да се разделят на магнитохидродинамични (MHD) и микронеустойчивости. При MHD неустойчивости плазмата, образно казано, има поведението на течност. В нея възникват съвместни движения на големи групи електрони и йони, които могат да доведат до изхвърляне на плазма върху стените на камерата. При микронеустойчивостите имаме турбулентно относително движение на плазмените електрони и йони, при което в плазмата възникват силни локални електрични полета. Заредените частици се разсейват от тези силни локални полета и това води до възникването на дифузия на плазмата напречно на линиите на удържащото магнитно поле – т.нар. аномална или бомовска дифузия. Докато класическата дифузия, дължаща се на стълкновенията между частиците на плазмата, е обратнопропорционална на силата на удържащото поле ($\sim B^{-2}$) и може силно да се отслаби чрез увеличаване на това поле, аномалната дифузия практически не може да се намали по този начин.

Важен технически проблем на всеки термоядрен реактор е и значителното топлинно и радиационно натоварване на стените на камерата и на другите конструктивни елементи.

4. История на токамака

До 1956 г. изследванията по УТС са били строго засекретени поради връзката им с разработването на термоядреното оръжие. По тази причина на своя първоначален етап те са се развивали до голяма степен независимо в отделните страни.

В СССР изследванията по УТС започват от едно писмо-предложение, изпратено през 1950 г. направо до ЦК на ВКП (б) от сержанта в Червената армия О. Лаврентиев. Това писмо съдържа предложение за създаването на термоядрен реактор за промишлено производство на електроенергия с използването на електростатично удържане на деутериева плазма от две сферични метални мрежи, едната с отрицателен потенциал, а другата с положителен. Това писмо-предложение е изпратено за отзив на А. Д. Сахаров. Макар идеята на О. Лаврентиев да е технически неосъществима, тя става онзи начален импулс, който заставя Сахаров да се замисли над проблема за УТС. Сахаров достига до идеята високотемпературната плазма да се удържа от

магнитното поле на един тороидален соленоид. Сахаров споделя своите идеи с И. Е. Там. И макар че двамата били много ангажирани с разработването на съветското термоядрено оръжие, те започват да работят и по проблемите на магнитното удържане на плазмата. Тясна е идеята за индукционно възбуждане на ток в плазмата и за въвеждането на тороидален меден кожух с разреза за удържане на плазмения шнур в равновесие. Първият експеримент е направен през 1951 г. Използван е стъклен тор с голям диаметър 40 cm и малък – 4 cm. Върху тора била навита намотка, която създавала магнитно поле, насочено по оста на тора, със сила 0,13 T. За възбуждането на разряд в камерата се използвало вихровото електрично поле, създавано при поставянето на тороидалната камера в едното рамо на магнитопровода на трансформатор.

В САЩ първоначалните изследвания по UTC са свързани с предложението на Л. Спитцер (L. Spitzer) от 1951 г. за създаването на затворена магнитна система за удържане на плазмата от тип “стеларатор”. Изследванията по UTC се концентрират в Принстънския университет – проект Матерхорн.

Във Великобритания първите експерименти по UTC датират от 1949 г. – П. Тонеман (P. Thoneman) и др.

При първоначалните експерименти се наблюдава значително разминаване между теория и експеримент. Всички опити да се повиши температурата и времето на удържане на плазмата се натъквали на неуспех. Това подтикнало ръководителите на съветската термоядрена програма на ефективна и с много важни последствия за науката стъпка – през 1956 г. те разсекретяват изследванията по UTC в СССР. Започва епохата на широко международно сътрудничество по UTC.

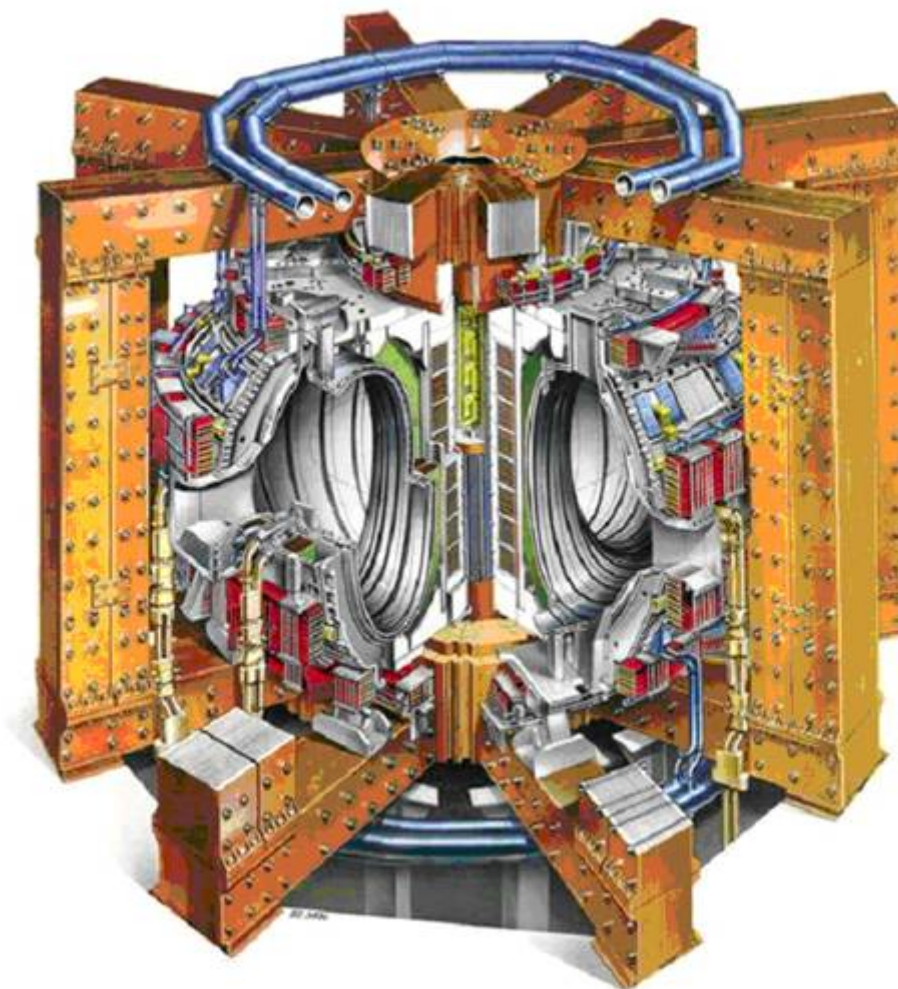
Постепенно става ясно, че част от причините за неуспехите са свързани със силното замърсяване на плазмата с примесни атоми от вакуумната система и от стените на камерата. Други причини са открити в несъвършенствата на удържащото магнитно поле.

Осигуряването на чисти вакуумни условия и внимателната корекция на магнитното поле позволило в руския токамак T-3 температурата на плазмата да се повиши 40 пъти.

Поради простотата на своята конструкция, постигнатата висока температура на плазмата и голямо време на удържане, термоядреният реактор от тип токамак фокусира вниманието и усилията на голям брой изследователски екипи в различни страни – Русия, САЩ, Япония, Франция, Великобритания, Германия и др.

Важни пробиви в доближаването на стойността на произведението от плазмената плътност (n), плазмената температура (T) и времето на удържане (τ_E) – $nT\tau_E$ – до необходимата за самоподдържаща се работа на реактора стойност $3 \cdot 10^{21} \text{ m}^{-3} \text{ KeVs}$ (критерий на Лоусън) са направени в токамаците TFTR и JET.

TFTR (Tokamak Fusion Test Reactor) в PPPL (Princeton Plasma Physics Laboratory) е първият токамак, работещ с D-T плазма. През 1995 г. в него беше постигната температура на плазмата $510 \cdot 10^6 \text{ }^\circ\text{C}$. За да се постигне тази висока температура, плазмата в TFTR се подгрява допълнително от сноп неутрални D атоми (39,5 MW) и RF подгряване на плазмата (11,4 MW).



Фиг. 2. Европейският токамак JET

JET е токамак, построен в рамките на обединената европейска програма за изследвания по УТС и е разположен в Culham, Великобритания. Това е едно голямо съоръжение с диаметър 12 m и височина 15 m. Тороидалната камера има голям радиус $R = 2,96$ m и D-образно напречно сечение с размери $2,5 \times 4,2$ m². Тороидалното магнитно поле, удържащо плазмата, има сила $B = 3,45$ T. Постигнатият индукционен ток в плазмата е 4,8 MA. Той загрява плазмата до $50 \cdot 10^6$ °C. Допълнителното загряване на плазмата до над $300 \cdot 10^6$ °C се постига чрез инжектирането в плазмата на неутрални D атоми (21 MW) и радиочестотно загряване (20 MW).

5. ITER – първият термоядрен реактор, който произвежда повече енергия, отколкото “изяжда”?

ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) е международен проект за построяването на термоядрен реактор от типа на токамака, който за първи път ще произвежда повече енергия, отколкото консумира. В проекта ITER участват ЕС, САЩ, Япония, Русия, Китай и Южна Корея. Ориентировъчната цена на проекта е 5 милиарда USD. Целта, поставена

пред ITER, е в резултат на синтеза на деутериеви и тритиеви ядра да се получи десет пъти повече енергия, отколкото се употребява за нагряване и удържане на плазмата.

Техническият проект на ITER е завършен през 1998 г. Основните параметри на реактора са дадени в Таблица 2.

Таблица 2. Основни параметри на термоядерния реактор ITER

Параметър	Стойност
Голям радиус на тора R , m	6,2
Малък радиус на плазмата a , m	2,0
Обем на камерата, m ³	837
Тороидално магнитно поле B , T	5,3
Ток през плазмата I_p , MA	16,0
Тороидално бета β_t	0,025
Полоидално бета β_p	0,67
Средна електронна плътност $\langle n_e \rangle$, m ⁻³	$1 \cdot 10^{20}$
Средна електронна температура $\langle T_e \rangle$, keV	8,9
Средна йонна температура $\langle T_i \rangle$, keV	8,1
Енергийно време на удържане на плазмата τ_E , s	3,7
Външна загреваща мощност, MW	40
Излъчвана мощност, MW	48
Мощност, отделяна при ядрения синтез, MW	410
ФАКТОР НА НАРАСТВАНЕ НА ЕНЕРГИЯТА Q	10

2004 е годината, през която ще се избере мястото, където ще се разположи ITER и ще започне неговото строителство.

Литература

1. M. O. Hagler and M. Kristiansen. An Introduction to Controlled Thermonuclear Fusion, *Lexington Books*, 1977 (руски превод: М. Хаглер и М. Кристиансен. Введение в управляемый термоядерный синтез, М. Мир, 1980)
2. F. Chen. Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, *Plenum Press*, NY (руски превод: Ф. Чен. Введение в физику плазмы, М. Мир, 1987)
3. К истории исследований по управляемому термоядерному синтезу. *Успехи Физических Наук*, т. 171, № 81, 2001, стр. 877.

МЕЖДУНАРОДНАТА КОНФЕРЕНЦИЯ “СЪВРЕМЕННИ АСПЕКТИ НА АСТРОНОМИЯТА, ТЕОРЕТИЧНАТА И ГРАВИТАЦИОННА ФИЗИКА”

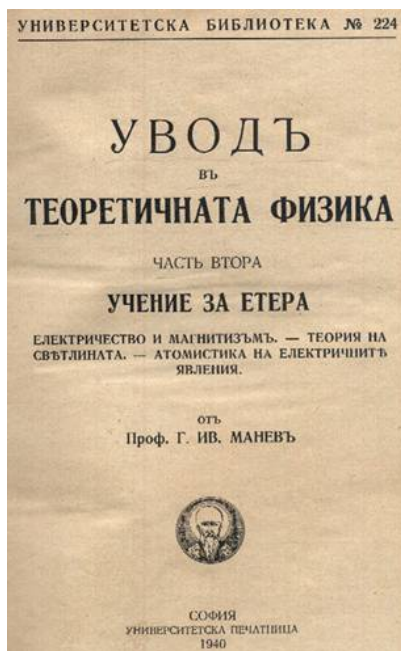
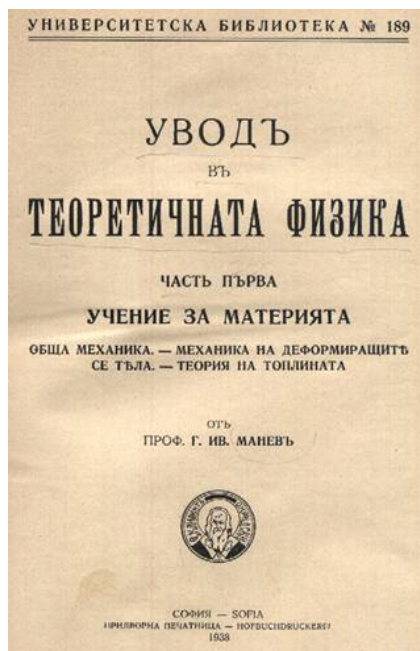
Международната конференция “Съвременни аспекти на астрономията, теоретичната и гравитационна физика”, посветена на 120 години от рождението на българския физик теоретик професор Георги Манев (1884 – 1965), се проведе в периода 20 – 22 май 2004 г. в Дома на учения при БАН в София. Инициативата на физическата общност за провеждането на конференцията целеше да върне името на един заслужил учен в българската наука, получил международно признание, като хвърли повече светлина върху неговата личност, научна активност и идеи. Затова и намерението беше да се съберат заедно астрономи, физици, математици и изследователи на науката в България. Изборът на по-широка тематика, която да бъде покрита от конференцията, имаше за цел да отбележи развитието на астрономията и теоретичната физика в България в навечерието на 2005 г., обявена за световна година на физиката.

Всъщност кой е Георги Манев? Допреди 5 години малко колеги знаеха отговора на този въпрос или по различни причини малко си спомняха за него. Георги Манев е физик, работил в периода 1920 – 1944 г. Бил е на специализация в чужбина само веднъж – в Тулуза (Франция) при професор Х. Буас. Автор е на 20 научни статии в областта на космологията и математичната физика. Има кореспонденция с Айнщайн. Работите на Георги Манев са публикувани в *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, *Zeitschrift für Physik*, *Zeitschrift für Astrophysik*, *Astronomische Nachrichten* и др. Най-цитирани през последните 10 години са публикациите в периода 1924 – 1930 г.: *La gravitation et le principe de l'égalité de l'action et de la réaction*, *C. R. Acad. Sci. Paris* 178, 2159-2161, 1924; *Die Gravitation und das Prinzip von Wirkung und Gegenwirkung*, *Z. Phys.* 31, 786-802, 1925; *Die Masse der Feldenergie und die Gravitation* (*Astron. Nachr.* 236, 401-406, 1929); *Über die schwarzschildische Gleichung der allgemeinen Relativitätstheorie*, *Z. Phys.* 56, 421-431, 1929; *Le principe de la moindre action et la gravitation*, *C. R. Acad. Sci. Paris* 190, 963-965, 1930; *La gravitation et l'énergie au zéro*, *C. R. Acad. Sci. Paris* 190, 1374-1377, 1930. В тези работи Георги Манев предлага потенциал от вида $A/r + B/r^2$ с A и B реални коефициенти, обясняващ явления в Слънчевата система със същата точност, както и теорията на относителността, но оставяйки в рамките на класическата механика.

Проф. Георги Манев чете лекции по математична физика, теоретична физика, векторен анализ. Автор е на 3 учебника по физика за студенти на български език: *Увод във векторното смятане с приложения и задачи*, София, Придворна печатница, 1934, (Университетска библиотека, № 135); *Увод в теоретичната физика, Част първа, Учение за материята*, София, Придворна печатница, 1938, (Университетска библиотека, № 189); *Увод в теоретичната физика, Част втора, Учение за етера*, София, Университетска печатница, 1940, (Университетска библиотека, № 224). Интересен е фактът за помощта на Емил Джаков, тогава асистент по физика, при оформянето на учебниците.

Проф. Георги Манев е основател на катедра “Теоретична физика” във Физико-математическия факултет (ФМФ) на Софийския университет, декан на същия факултет през учебните 1926-1927 г. и 1930-1931 г., ректор на СУ през 1936-1937 г. и министър

на образованието през 1938 г. във втория кабинет на Георги Къосеиванов. Като ректор проф. Манев се бори за запазване на автономията, бюджета и щата на университета. За времето на ректорството му “не е протоколирано никакво решение за изключване на прогресивни студенти от Университета заради политическите им убеждения”. За късия период на политическата си активност като министър проф. Манев намира средства за нова сграда на ФМФ, започва строеж на университетска печатница, въвежда нов подбор на кандидат-студенти и нови места за студенти-физики, държавен заем за увеличение на заплатите на учителите, поддържа организирането на изложби на немска, руска и съветска литература. През 1938 г. в отговор на молбата на Нобеловия комитет той предлага за номиниране името на П. М. С. Блекет.



След политическите промени в България през 1944 г. Манев е уволнен и въпреки че от началото на 1948 г. му се връщат правата да бъде държавен служител, за него не се намира място за редовен професор по физика във ФМФ на СУ. Георги Манев продължава да работи върху университетските си учебници вкъщи и дава уроци по математика на своя внук Любомир Давидов до смъртта си през 1965 г.

През 1990 г. канадският математик от румънски произход Ф. Диаку (Университет във Виктория, Канада) прочита за работите на Георги Манев, цитирани в монографията “Небесна механика” на японския учен Дж. Хагихара от 1975 г. и започва изучаването на този потенциал. Както Диаку сам споменава, въпреки че типът на потенциала е предложен още от Нютон (в Принципите) и разглеждан от други учени преди Манев, за име на такъв тип поле Диаку избира името на Манев, тъй като българският физик пръв определя точните коефициенти. През пролетта на 1993 г. той докладва първите си резултати на конференция в Болдър (Колорадо). През 1994 г. Ф. Диаку и В. Миок (АИ, Румъния) решават да използват потенциала на Манев за систематични изследвания в динамиката на системи от частици. Интересът е привлечен и с усилията на Е. Перез, Е. Лакомба, Ж. Делгадо, Кр. Стойка, М. Ставински, А. Мингарели, Р. Илнер, Л. Виану-Вела, Л. Флория, Ж. Либре, Х. Кабрал, Т. Рациу, С. Каплан и др. потенциалът на Манев

става добре известен. В множество статии, книги, дипломни работи и дисертации се разработват въпроси с цел да се опише динамиката на системи в полето на Манев или в полета от подобен тип. Библиографията на публикуваните работи, посветени на полето на Манев или цитиращи работите на Манев, включва 9 монографии, 66 статии (публикувани в *Journal of Mathematical Physics*, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, *Nonlinear Analysis* и др.), 10 магистърски и докторски дисертации, 2 университетски курса по математика и многобройни семинари и колоквиуми в различни университети по света.

Съгласно изследванията на работещите в тази област физици, астрономи и математици през последните 10 години гравитационният модел на Манев води до резултати, удовлетворяващи физическата реалност по-добре от класическия Нютонов модел. Моделът обединява много проблеми от астрономията, небесната механика, класическата механика, атомната физика. Според В. Миок този модел представлява мост между теорията на относителността и класическата механика. Неотдавна беше показано, че гравитационният модел на Манев в планетарна апроксимация е всъщност класически аналог на Шварцшилдовия модел. Р. Илнер заедно с А. Бобилев, Х. Виктори, П. Дюкс и С. Рязанов развиха т. нар. поле на Власов-Манев, което може да се приложи към изследванията на формирането на галактики. Неотдавна Ф. Диаку и Д. Саари (Северозападен Университет, САЩ) предложиха по-общите квазихомогенни потенциали, включващи потенциала на Манев.

Идеята за организиране на конференция, посветена на Георги Манев, датира от 1999 г. Но по различни причини организирането на конференцията започна през декември 2003 г. с учредяването на Инициативен комитет от Вл. Герджиков, С. Манов, М. Цветков, Ж. Сендова, Н. Сретенова, К. Цветкова и Г. Камишева.

Официалното откриване на конференцията бе в Аулата на Софийския Университет с приветствия от проф. Ст. Стоянов – Зам.-ректор на СУ и акад. Н. Съботинов – Зам.-председател на БАН. В конференцията участваха 10 учени от Канада, Румъния, Унгария, Сърбия, Германия и Великобритания, д-р Т. Цолеа (съветник към Румънското посолство в София) и повече от 40 учени от Института за ядрени изследвания и ядрена енергия, Института за физика на твърдото тяло, Института по астрономия, Института по математика и информатика, Института за философски изследвания на БАН, както и от Физическия и Математическия факултети (ФФ и МФ) на СУ и Техническия Университет – София. В конференцията взеха участие и роднините на проф. Манев: синът му д-р Ангел Манев, внуците и правнуците – Бл. Стоева, Т. Давидова, М. Стоева, Ив. Давидов, Ф. Давидова.

Научната програма на конференцията обхваща основните теми: исторически аспекти и съвременното състояние на астрономията и физиката, полето на Манев и съвременно приложение на идеите му. Бяха изнесени 31 доклада в няколко сесии и представени 3 постера.

Програмата на конференцията започна със сесия, посветена на историческите аспекти от развитието на астрономията и физиката. Д-р Л. Балаш (АО Конколи, Унгария) разгледа развитието на астрономическата обсерватория Конколи от основаването ѝ през 1899 г. досега на фона на историческите и политически събития в Унгария. Обсерваторията Конколи, основана като частна обсерватория на граф Конколи, днес е вече съвременна астрономическа обсерватория – член на

Международната виртуална обсерватория. Д-р М. Димитриевич (АО Белград, Сърбия) представи дейността на първите астрономи в Сърбия от периода XVIII – XX век с наблюденията на комета още през 1769 г., написването на първия сръбски учебник по физика през 1801 г., за изследванията на метеорити през 1807 г., определяне на координати до основаването на Белградската астрономическа обсерватория през 1887 г. Д-р Н. Сретенова (ИФИ, БАН) докладва за някои биографични данни за кариерата на Г. Манев на основата на документи от Държавния архив и Айнщайновия архив в САЩ. Доклад на представителя на Рокфелеровата фондация Ф. Хенсън за посещението му в София през ноември 1931 г. описва почти целия български научен елит, в това число и Г. Манев, който единствен не поискал нищо лично за себе си, а препоръчал своя по-млад колега астронома Никола Бонев. Кореспонденцията на Г. Манев и Айнщайн, касаеща статии на Манев, предложени за публикуване в *Zeitschrift für Physik*, както и някои лични отношения между Г. Манев и Р. Зайков, в които Айнщайн се оказва въвлечен, беше разгледана в доклада на д-р М. Цветков (ИА, БАН). Освен двете писма на Айнщайн – притежание на архива на Националния политехнически музей и на семейството на Г. Манев, останалите писма са получени от архива на А. Айнщайн в САЩ и от Националната и университетска библиотека в Ерусалим (Изrael).

В пленарното заседание в аулата на СУ зам.-ректорът проф. Ст. Стоянов и акад. Н. Съботинов отдадоха почит на научните постижения на проф. Георги Манев, както и на заслугите му за развитието на българската наука и образование като цяло.

Проф. Ф. Диаку направи обзор на възникването на идеята за гравитационния потенциал на Манев, развитието ѝ, конкретните заслуги на Манев и преоткриването на този потенциал след толкова години. Той представи проблема на двете тела в полето на Манев, както и анизотропната задача на Манев, където според него класическата, квантова и релативистична механика се пресичат.

Акад. Ив. Тодоров в доклада си “Теоретичната физика и политиката” се спря на примери от историята на физиката, където независимо от преобладаващото мнение, че един учен често вижда в своята научна дейност възможност да избяга както от ежедневните проблеми, така и от политическата ситуация в своята страна, много често той е заставен да застане лице в лице с политиката или поради естеството на своята работа (в случая с работата върху атомната бомба), или заради своето поведение спрямо господстващ тоталитарен режим (в случая на нацистка Германия).

Д-р М. Ставински (АИ, Румъния) разгледа сътрудничеството между български и румънски учени от момента на учредяването на Българското книжовно дружество в 1869 г. в Браила. В астрономията наред с работата по Базата от данни за широкоъгълни астрономически наблюдения, Ве звездите и слънчевата физика, друга обща тема е полето на Манев.

Д-р В. Миок обясни защо според него гравитационният модел на Манев заслужава да бъде изследван: дава резултати, които по-добре пасват на астрономическата реалност (статистически и наблюдателно), отколкото класическият Нютонов модел; предлага по-подходяща рамка за прилагане на различни методи на небесната механика и теорията на динамичните системи; дава обединяваща гледна точка за много задачи, принадлежащи на астрономията, астрофизиката, класическата физика, механика и даже атомната физика; вероятно това е мостът между релативистичната и класическа механика, а анизотропната задача на Манев би могла да допринесе за по-добро

разбиране на връзката между квантовата и класическа механика; моделира конкретни астрономически и физически ситуации, като предлага еднакво добри качествени и количествени апроксимации, подобно на теорията на относителността (най-малкото на нивото на Слънчевата система).

Д-р Т. Цолеа представи своята теория за натрупване на енергията и трансфера ѝ, както и възможните приложения в астрономията и гравитационната физика.

В много от представените доклади на конференцията бяха разгледани основни въпроси от теоретичната физика, като някои избрани аспекти от теорията на солитоните (проф. Вл. Герджиков, ИЯИЯЕ, БАН), радиална и тангенциална скорост и ускорение на източник на излъчване в собствена координатна система на наблюдателя (проф. С. Манов, ИЯИЯЕ), гравитационното поле на масивна точкова частица в общата теория на относителността (доц. Пл. Физиев, ФФ, СУ), протяжни обекти в пространство-времето на Минковски (д-р Ст. Донеv, ИЯИЯЕ), съответствието между теорията на струните и калибровъчната теория след супергравитационна апроксимация (д-р Р. Рашков, ФФ), космологични ограничения върху неутринните осцилации (д-р Д. Кирилова, ИА, БАН).

В сесията, посветена на съвременното приложение на идеите на Г. Манев д-р Р. Роман (АИ, Румъния) говори за влиянието на радиационното налягане върху геометрията на модела на Роше в гравитационното поле на Манев. Задачата за повече от две тела в полето на Манев беше засегната в доклада на д-р Кр. Блага (Университет в Клуж, Румъния). Беше представено двупараметрично семейство от прецесионни орбити и централната сила, която го създава. Библиография на работите върху полето на Манев или приложението му в астрономията, физиката и математиката беше представена в доклада на д-р К. Цветкова (ИА) и Д. Калагларски (ИКИ). До май 2004 г. тази библиография съдържа 121 библиографски единици: монографии, статии, докторски дисертации, магистърски работи, университетски курсове, лекции и доклади от 55 автора.

Някои математически задачи при моделирането на слънчевата динамика бяха предмет на доклада на д-р Кр. Стойка (Университет в Сърей, Великобритания). Актуалността на проблема идва от факта, че мисии на космически кораби, използващи слънчевата енергия са предвидени от НАСА в програмата Космически технологии на новото хилядолетие.

В сесията, посветена на математичните методи, д-р Г. Граховски (ИЯИЯЕ) представи многокомпонентните модели от типа на нелинейните уравнения на Шрьодингер и техните калибровъчно еквивалентни. Н. Костов (ИЕ) говори за нелинейни вълни и съответстващите им напълно интегрируеми системи. Т. Вълчев (ИЯИЯЕ) представи в съвместна работа с д-р П. Недялков (ФФ) описание на всички конформно-инвариантни диференциални оператори, действащи върху скаларни функции в пространството на Минковски. Темата на доклада на д-р В. Цанов (МФ) бе върху интегрируемите кватернионни структури. Проф. Т. Тодоров (Югозападен Университет и ИЯИЯЕ) докладва за необходимите и достатъчни условия за представяне на крайни и безкрайни матрици като произведения на квазидиагонални матрици и даде приложения за комутационни съотношения в квантовата физика и приложения в математичната физика. Квазикласически подход към релативистичната задача на Кулон бе докладван от д-р Ив. Младенов (ИБФ).

Специално внимание бе оказано на представената работа от колектива В. Герджиков, А. Кюлджиев, Дж. Мармо и Г. Виласи (ИЯИЯЕ и Университета в Салерно, Италия) за динамика на реалните форми в задачата на Манев. Подобен интерес предизвика и работата на д-р Сл. Нинкович (АО Белград) за аналогичен на Маневия потенциал в небесната механика, приложен и в галактичната астрономия към външните части на сферичните купове и галактиките-джуджета.

В сесията, посветена на астрономията, П. Песев (ФФ) в съавторство с В. Иванов (Европейска Южна Обсерватория) представи резултати от търсене на сферични купове в Галактиката и инфрачервена спектроскопия на галактики от архивни наблюдения като продукт на виртуалната астрономия у нас. Ролята на белите джуджета в проблема за тъмната материя в Галактиката на основата на кинематиката на 400 бели джуджета, идентифицирани съгласно проекта SPY, бе дискутирана от д-р Е.-М. Паули (АО Бамберг, Германия). Анализ на сейфертовата галактика NGC 7679 по събрани наблюдения от инфрачервената до рентгеновата област на спектъра беше представен в доклада на доц. В. Голев и доц. И. Янкулова (ФФ).

В постерната сесия бяха представени 3 работи: “Потенциалът на Манев и теорията на относителността” на Р. Иванов и Ем. Проданов (ИЯИЯЕ и Университет в Дъблин, Ирландия) като кратък обзор на различни потенциали, които се получават от метрика, описваща въртяща се/невъртяща се черна дупка (или което и да е масивно тяло). Като пример е даден потенциалът на Манев, отнасящ се към параметризираната пост-Нютонова метрика, обикновено използвана в общата теория на относителността за описание на Слънчевата система; “Лекциите по теоретична физика на проф. Георги Манев в периода 1921-1944 г.” на Г. Камишева (ИФТТ); “Върху възможността за прилагане на Айнщайновия принцип за еквивалентността” на Ст. Луков (ЦЛСЗВ).

Конференцията премина успешно и постигна целите си да представи пред българската физическа колегия научните достижения на проф. Манев като учен, принадлежащ на световната наука и същевременно даде възможност да се обменят нови идеи и се постави база за по-широко сътрудничество в тази област.

Съществени заслуги за организацията и финансовото обезпечаване на конференцията има Централно управление на БАН в лицето на акад. Н. Съботинов, проф. Н. Якимов, проф. И. Недков и г-н А. Мицев, Ректоратът на СУ в лицето на проф. Б. Биолчев и проф. С. Стоянов, ИЯИЯЕ и ПХРАО-Нови хан в лицето на проф. Й. Стаменов и д-р М. Миланов, както и ИКИ в лицето на проф. П. Гецов и д-р Д. Йорданов. Финансова помощ беше оказана от Института за висши изследвания, Париж в лицето на проф. М. Балкански и г-н С. Ангелов.

Трудовете на конференцията ще бъдат отпечатани с финансовото съдействие на СУ.

Катя Цветкова

СВЕТЪТ ПОСРЕЩА С ЕНТУСИАЗЪМ ОБЯВЯВАНЕТО НА 2005 Г. ЗА СВЕТОВНА ГОДИНА НА ФИЗИКАТА

Решението на ЮНЕСКО, на Международния съюз за чиста и приложна физика и на Европейската и Американската физически асоциации за обявяването на 2005 г. за световна година на физиката (СГФ-2005) е посрещнато с ентузиазъм в огромен брой страни от всички континенти. Физическата колегия видя в навършването на едно столетие от публикуването през 1905 г. на серия от основополагащи статии на А. Айнщайн подходящ повод за приобщаването на широката общественост и най-вече на младите към удивителните постижения на физиката, възможност да се покаже още веднъж, че физиката и нейните разнообразни приложения са основна движеща сила на науката и на технологичното развитие.

Още през 2003 г. в Грац, Австрия, се организира международна конференция, посветена на СГФ-2005. Тя приема за мото крилатата фраза на Ръдърфорд “В науката няма нищо друго освен физика, останалото е колекциониране на марки”. На конференцията в Грац са обсъдени теми като: “Обучението по физика в средното училище”, “Международните състезания по физика”, “Жените във физиката”, “Как да поощрим разпространението на физиката сред младите хора”, “Как да популяризираме съвременната физика” и др.

Втората международна конференция, посветена на СГФ-2005, се състоя през март т. г. в Монреал, Канада. Тя беше част от годишната конференция на Американската физическа асоциация (APS). В течение на два дена над сто представители от всички континенти обменяха идеи за организирането на СГФ-2005.

И на двете конференции не участваха български представители. Причините за това са финансови.

Стъпка по стъпка международният календар на СГФ-2005 започна да се изпълва със съдържание.

Що се отнася до Европа, то Европейската физическа асоциация (EPS) планира като върхово събитие на честванията провеждането от 11 до 15 юли 2005 г. в Берн, Швейцария, на 13-та генерална конференция на EPS (EPS-13). Тази конференция всъщност ще се състои от 3 паралелни научни конференции и един ден на отворените врати. Конференциите ще се организират от съответните отделения на EPS и от големите европейски научни организации ESA, ESO и CERN. Конференциите ще се проведат в сградата на Бернския университет. На тях ще бъдат представени както обзорни доклади от авторитетни учени, така също и оригинални съобщения, представени от съвсем млади колеги. Берн е избран не случайно за място на провеждането на EPS-13. В този град Айнщайн е работил като експерт в Швейцарското патентно бюро през “annus mirabilis” 1905. Темите на трите паралелни научни конференции са вдъхновени от тематиката на трите прочути статии на Айнщайн, публикувани през 1905 г.

“Фотони, лазери и квантова статистика”;

“Относителност, материя и космология”;

“Брауново движение, сложни системи и биофизика”.

На 15 март в рамките на годишната конференция на Швейцарската академия на науките ще се проведе ден на отворените врати, с мото “Айнщайн днес”.

Подобни мащабни научни конференции ще се проведат и в други европейски страни.

Във Великобритания Институтът по физика (IOP) планира провеждането на голяма международна конференция “Физика 2005”. Тази конференция ще се състои в Warwick от 4 април 2005 г. Председател на организационния комитет е проф. М. Бери (M. Berry).

Във Франция за организиране на честването на СГФ-2005 са формирани два комитета. Почетният комитет е с председател К. Тануджи (Cl. Tannoudji) – нобелов лауреат по физика за 1997 г. В този почетен комитет участват още трима нобелови лауреати: П. Дьо Жен (P.-G. de Gennes), Дж. Шарпак (G. Charpak) и Ж. Лен (J. M. Lehn). Освен почетен комитет е създаден и изпълнителен комитет от девет члена под председателството на проф. М. Ледюк (M. Leduc).

Планира се провеждането в централата на ЮНЕСКО в Париж на голяма международна конференция “Физиката за бъдещето”. В работата на тази конференция ще вземат участие изтъкнати политици, нобелови лауреати и известни учени. Особено внимание се отделя и на присъствието на млади и перспективни физици.

Освен това Френската физическа асоциация ще организира серия от конференции:

“Физика и живот”, посветена на методите за получаване на изображения в медицината, нови материали в медицината и нова медицинска апаратура.

“Физиката и опазването на околната среда”, посветена на въпроси на климатологията, сеизмологията и новите енергийни източници.

“Материя и светлина”, посветена на приложението във всекидневния живот на новите технологии, произлизащи от фундаменталните физически открития – Web, DVD, лазери, нанотехнологии и др.

В Италия се предвижда провеждането на работни съвещания и семинари, посветени на интердисциплинарните връзки – физика и математика, физика и химия и физика и биология.

Полската физическа асоциация организира от 16 до 25 септември 2005 г. във Варшава и в Краков фестивали на физиката. На 17 септември 2005 г. в Полша ще се проведе и национален ден на науката.

Национален ден на физиката ще се проведе и в Бразилия – на 26 май 2005 г.

Асоциациите на полските и на чешките физици планират провеждането през 2005 г. на национални конференции по физика. Големи национални конференции по физика ще се проведат и в Австралия, Южна Африка и Бразилия.

Годишната конференция на Германското физическо дружество ще се проведе от 4 до 9 март в Берлин на тема: “Физиката след А. Айнщайн”.

През октомври 2005 г. в Кейптаун, Южна Африка ще се състои Генералната асамблея на IUPAP.

Пак през октомври 2005 г. в Дурбан, Южна Африка ще се проведе и Световната конференция на ЮНЕСКО “Физиката и устойчивото развитие”.

Физическите съюзи в различните страни и общностите на професионалните физици, заети в науката, индустрията, медицината, обучението и др. се ориентират към мероприятия, пропагандиращи постиженията на физиката сред най-широката общественост. Стремехът е към активно участие. Това ще става чрез провеждането на публични дискусии на актуални теми като: “Ядрена енергетика и околна среда”, “Трябва ли да преминем изцяло към водородна енергетика?”, “Какво представлява животът от гледна точка на физиката?” и други подобни.

Особено внимание в много страни се отделя на провеждането на мащабни физични демонстрации направо по улиците и площадите на големите градове.

В Париж ще се проведат публични опити по интерферометрия, измерване на скоростта на светлината, демонстриране на гравитационното червено преместване на Айфеловата кула, почистване на паметници с помощта на лазери и др.

В САЩ ще се проведе широкомащабен експеримент за измерване на диаметъра на Земята по древния метод на Ератостен. В този експеримент ще участват ученици от голям брой средни училища. Данните от различните точки ще се обменят по Интернет.

В Полша също ще се проведе експеримент в национален мащаб. В градове и села ще се извършат мащабни измервания на замърсяването на околната среда в Полша. Ще се състави национална карта на замърсяванията и събитието ще се предава директно по националните ТВ програми.

В Полша също ще се организира конкурс за създаването на голямомащабни уреди, представящи различни физически явления. След това с помощта на тези уреди ще се извършват физически демонстрации направо на градските площади.

Във Франция ще се изработи серия от гигантски постери “Небето, видно от Земята” и тези постери ще се поставят на възлови места из цялата страна.

В Париж ще се демонстрира изкуствена дъга над Сена, а вечер – лазерно шоу от Айфеловата кула.

Във много френски училища ще се монтират метеорологични и сеизмологични детектори, които ще работят през цялата 2005 г., а и след това.

Във всички страни главното внимание е насочено към младите.

В Германия ще действа специална програма за най-малките и за учениците от началното училище. Нейната цел ще е да се покаже на децата и на придружаващите ги родители, колко положителна енергия може да има в детското любопитство.

В САЩ APS планира провеждането на съвместни срещи на ученици, родители и учители, на които учениците ще демонстрират пред своите родители умения в провеждането на физични опити и демонстрации. Известни физици ще гостуват за цяла седмица в училища, като присъстват на уроците, участват в непосредствени дискусии, в спортни и забавни мероприятия.

Във Франция голям брой учени и учители са се включили доброволно в изработването на изложби и физични демонстрации, предназначени за средните училища. Във всички училища ще се разпространява богато илюстрираната брошура “Професиите на физиката”.

В Австрия се планира ученици да изработят календар на 2005 г. За всеки ден от годината ще бъдат отбелязани дати, свързани с важни моменти от историята на физиката. Също в Австрия ученици ще изработят мултимедийната презентация “Физиката в Австрия”.

В САЩ APS организира национален конкурс сред учениците от средните училища за изработването на постери, представящи по забавен начин моменти от живота и откритията на Айнщайн. Спечелилите награди постери ще се отпечатат в големи тиражи и ще се разпространят из цялата страна.

В Полша ще се проведе национален конкурс за най-добра фотография “Къде е физиката?”.

В много градове ще се организират изложби, представящи удивителните постижения на физиката.

В Безансон, Франция, ще се представи изложбата “Цигулката на Айнщайн”. В Страсбург, Франция, ще се организира изложбата “Физични обекти”. В Хумболдовия университет в Берлин ще се организира голяма изложба на научна литература и редки научни книги.

По време на 4-тия Световен конгрес на научните центрове и музеи, който ще се състои през април 2005 г. в Рио де Жанейро, ще се организира интерактивна изложба с физични експерименти.

Пътуващи изложби ще има във Франция и Полша.

Във всички страни се планират разнообразни ТВ програми, посветени на СГФ-2005.

В САЩ се подготвят ТВ копродукции, посветени на А. Айнщайн. Във Великобритания ще се покаже серия от пет едночасови ТВ лекции, като лекторите ще се избират след публичен конкурс. В Германия са планирани 11 ТВ лекции на видни

международни учени. В Полша ще се покажат ТВ програмите: “Физика и телекомуникации”, “Физика и медицина” и “Физика в кухнята”.

В Австралия още през юли т.г. ще се изнесат серия от публични лекции “Физиката преди Айнщайн”. Тези лекции ще продължат през юли 2005 г. с тема “Революционните идеи на Айнщайн”.

В Италия се подготвя публикуването на национален бюлетин, посветен на СГФ-2005.

Особен акцент е приобщаването към честванията на различните изкуства.

Във Великобритания Националният театър подготвя пиеса, посветена на Айнщайн. В Уелс танцова трупа подготвя представление, също свързано с Айнщайн. Във Франция ще се реализира програмата “Изкуство и наука”. Театрални и хореографски трупи подготвят представления, които често ще се изнасят направо на улиците. В Нанси, Франция, ще се представи изложбата “Светлина във века на светлината” за връзката между изобразителното изкуство и науката за светлината.

В Бразилия ще се организира фестивал на документални, научно-популярни, научно-фантастични и игрални филми, свързани с физиката.

Пощенски марки, посветени на СГФ-2005, ще се отпечатат в Полша, Чехия, Великобритания и Бразилия. Полша ще пусне юбилейна монета.

И накрая пак в Полша ще се организира от Варшавския университет голям новогодишен бал с участието на над 500 физици.

Международни проекти на EPS, посветени на СГФ-2005

Физиката осветява света. Предвижда се организирането на мащабно лазерно шоу. ТВ компании ще бъдат включени в отразяването на събитието. Държавни, обществени и частни спонсори ще бъдат въвлечени в акция за събирането на средства за подпомагане на обучението по физика в развиващите се страни.

Контактни лица: Max E. Lippitsch (max.lippitsch@uni-graz.at) и Sonja Draxler (sonja.draxler@uni-graz.at).

Таланти на СГФ-2005. 2005 ученици на възраст между 10 и 19 години от цял свят ще бъдат подбрани за проявен интерес и талант към физиката. Ще се класират по 401 ученика (момчета и момичета) за всяка възрастова група – 10-11, 11-12 и т.н. години. Критериите на подбор и наградите предстои да се определят.

Контактно лице: Beverly Hartline (fbhartl@earthlink.net).

Пътуваща изложба “Физиката като културно наследство”. Чрез международно коопериране ще се организира пътуваща изложба, която ще покаже изключителните постижения на физиката за изминалите столетия. Изложбата ще

пътува през градовете на участващите страни, оставайки по един месец във всяка страна.

Контактни лица: Max E. Lippitsch и Sonja Draxler.

Забавлявайки се с физиката. Предвижда се производители на играчки да реализират идеи на физици. Произведените играчки ще се разпространяват в училища и младежки центрове. Ще се изработят стикери, тениски, ученически чанти и др. с лика на А. Айнщайн.

Контактни лица: Max E. Lippitsch и Masno Ginting.

Разкази за физиката. Организира се международен конкурс за написването на научен разказ или есе. Разказите трябва да се представят на предпочитания от автора език, с превод на английски.

Контактно лице: Beverly Hartline.

Повече информация за честването на СГФ-2005 по света ще намерите на официалния Уеб-сайт на СГФ-2005 на адрес: <http://www.wyp2005.org/> Activities.

Информация за честването на СГФ-2005 в България ще намерите на националния Уеб-сайт на адрес: <http://www.phys.uni-sofia.bg/upb>.

Последни новини:

Със своя специална резолюция 58-та сесия на Общото събрание на ООН одобри 2005 година като: **International Year of Physics, 2005.**

Откриването на СГФ – 2005 ще стане на грандиозна конференция “Физиката за бъдещето”, която ще се състои в конгресния център на ЮНЕСКО в Париж, от 13 –15 Януари 2005 г. Конференцията се организира от IUPAP, EPS, UNESCO и др.

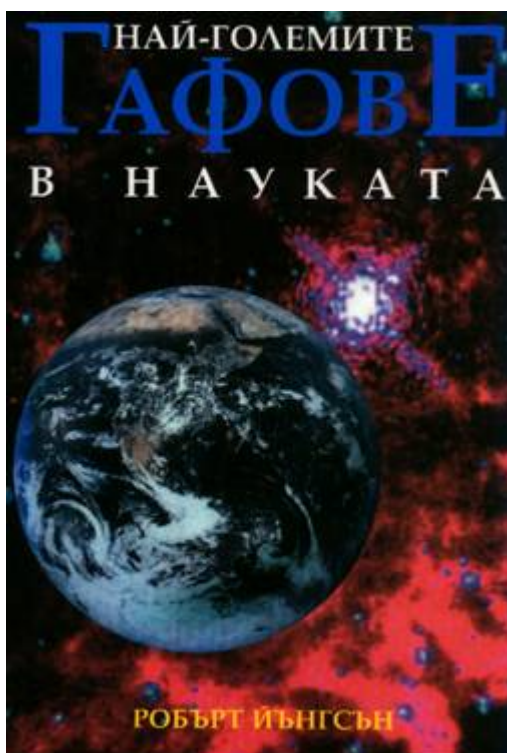
Д. Динев

ГАФОВЕТЕ В НАУКАТА, ПЛАДНЕСКИТЕ УЧЕНИ, УЧЕНИТЕ-МАГЬОСНИЦИ И НАШЕТО ДЕРЕДЖЕ

“Облада науката, но не я оплоди”

Станислав Йежи Лец

I. След като с пренебрежение бях отминал цяла серия “Гафове ...” – в бизнеса, войната, правосъдието, медицината и пр. по сергиите на пл. Славейков, неотдавна се натъкнах на лъскавата корица на “Гафове в науката” от Робърт Йънгсън (Издателска къща “Анимар” ООД, София, 2003 г.). Асоциирах заглавието с изплувалия в последно време проблем на фалшификации и мошеничества в съвременната наука, любопитството ми надделя и ... се изръсих 10 лева “на ползу роду”.



Гаф (от фр. gaffe) означава неуместна, нетактична, глупава постъпка. Има ли място в науката за такива неща? И то какво! Добросъвестно Робърт Йънгсън разказва такива интересни и поучителни случки, допуснати в различни области на природните науки – космология, физика, математика, химия, медицина, биология, психология, философия и др. За мен те бяха по-интересните. Като дилетант в повечето от тези области аз ги възприемах по-безкритично, откъм забавната им страна. Така ще се възприеме цялото четиво и от непрофесионалистите и непредубедените читатели, за които е

предназначена книгата. Но за други, с известен background, в зависимост от предразположението си, тя може да се възприеме и като десакрализация на науката, като нейно “приземяване” (което е по-близо до истината) или като иронична усмивка към надутия сциентизъм (в което няма нищо лошо), но попаднала в ръцете на предубедени противници, изопачаващи “научния прогрес”, много от разказаните случки могат да се използват и като аргументи против самата наука... Защото в действителност така изглеждат “гафовете” в науката – извадени от контекста на историческата действителност и на конкретната ситуация. А всъщност нещата далеч не са толкова лежерни, безобидни и повърхностни.

Историята на науката е борба за налагане на нови идеи и усилия за запазване на статуквото; на съперничество и конкуренция между талантиливи личности и пренебрегване на неудобни факти и налагането на неубедителни обяснения не винаги им е чуждо; съпротивлението на възрастните учени срещу напора на младото и непредубедено поколение е вечна и движеща сила в развитието на науката. И учените са хора като всички останали, нелишени от човешки слабости и не само безпристрастното търсене на истината е мотивацията за техните действия. И слава, и пари, и власт не са за пренебрегване, да не говорим за многото “ахилесови пети” в характера: твърдоглавие и високомерие, самонадеяност и безотговорност, амбиции и пристрастия ... И това е разбираемо – с човешките слабости можем да обясним много от гафовете в науката. Още повече, че в тези случаи основно потърпевши са самите учени, допуснали подобни заблуди; и те си плащат прескъпо за това – пренебрегване, отминаване, забравя ... Бедата обаче е в това, че почвата е хлъзгава, а границата за преминаване в недопустимата и вредна за науката област на съзнателно фалшифициране, шарлатанство и агресивно мошеничество – много тънка и тя може да се премине и несъзнателно. (Да не говорим за ролята на мании, параноии, моноидейници и др. подобни нещастници – пациенти на психиатри ...). Обаче, когато извращенията и фалшификациите се правят съзнателно, целенасочено и агресивно – играта загрубва: вредите стават осезаеми и непрости. Защото обществото плаща прескъпо! Затова и отговорността трябва да е неизбежна: да бъде търсена и въздавана ...

Защото ...

II. Не разбирах и със свито сърце гледах как моят приятел М. Бушев с ентузиазъм потроши едно хубаво лято в Рибарица ... да превежда (част) от книгата “Пладнешките учени” на Е. И. Кругляков [1] от руски на български. (Академично изд-во “М. Дринов”, София, 2003 г.; в българското издание не е посочено нито оригиналното заглавие, нито издателството, нито годината на издаването й ...). А когато неотдавна тя се появи на бял свят и попадна в ръцете ми (без да се изръся ...), противоречивите ми предчувствия се потвърдиха. Въпреки че отдавна следях с периферното си зрение прехвърчащите в руската преса високоволтови искри или яростни залпове на големи руски учени срещу избуяващото шарлатанство в науката, това не ме вълнуваше особено: здравия фундамент на руската наука е непоклатим за такива трусове, високото ниво на фундаменталната наука е имунизирана за такива бацили: тя е преживяла – и то в какви времена – и лисенковщина, и пролетарска физика, и империалистическа кибернетика. Бях в Дубна, когато вълната на масовата хипноза на Кашпировски и Чумак премина (и отмина) като грипна епидемия, а народът вместо книгите на Булгаков или Солженицин търсеше книгите на фамозната пророчица от 19-и век мадам Блаватска. По-късно екстрасенската Джуна се ползваше с най-високо покровителство и авторитет – след

Чернобил бяха официално назначени екстрасенси за диагностициране на ядрени реактори, а суперкомпютри на секретни институции бяха заангажирани с обработка на астрологични данни за предсказания на военно-политически събития С разпада на централизираната държава и единно финансиране беше създадена плодотворна почва за избуяване на дейността на фалшификатори, шарлатани, шашмаджии, тарикати и “търчи-лъжи”-та, до неудържимия напор на патологични манияци И всички тия пиявици се впираха в телата на ведомствени институции – наистина с мощни финансови възможности!, създаваха си свои “академии” и провъзгласяваха свои “академици” и проектираха от чудодейни оръжия на основата на неизвестни фундаментални закони до ... “дивани, които лекуват импотентност у мъжете и фригидност при жените”! Действително, за страна като Русия – голяма държава, големи идиотизми; много вимета за доене, много наследници на Остап Бендер ... Затова, както съветва Б. Стругацки: *“Старая се да не коментирам подобни гледни точки: да се спори с умопобъркани е уморително и безплодно занятие ...”*.

Активността на въображението е един от основните стълбове, на които се крепи научното творческо мислене – проникване в непознатото. Но губенето на контрол върху него – дивото, деструктивно въображение – това е, което катапултира разума. А обърканите лабиринти на логиката и неподлаганите на експериментална верификация плодове на такова въображение завладяват създателите си и пленяват податливите на такива влияния. Като се има предвид, че не повече от 5% от населението може да се оправи в действителните методи, средства и цели на научното изследване и реалните им стойности, то не е трудно да се обяснят “успехите” и завладяването на територии на такава ефектна дейност. Тази дейност представлява опасност за науката тогава и дотогава, докато и доколкото тя успее да проникне и се прикачи към държавните институции или бюджет и започне да изсмуква сили и отклонява средства от и без това пресъхналото корито на държавата. Все пак най-важната и съществена ѝ отлика от науката е пренебрегването на основния критерий: експериментална верификация на хипотезите позволява еднозначно тя да се разграничи и когато се наложи хирургическа намеса – да се оперира ...

Събрани в едно книжно тяло многогодишните усилия на акад. Е. Кругляков, председател на Комисията за борба с лъженауката и с фалшифицирането на научните изследвания към Руската академия на науките, впечатляват – поне като усилия, без да мога да съм сигурен в резултата ... Обаче, при разгръщането на българското издание на тази книга, вроденият ми скептицизъм се подсилваше и у мен се зараждаше известна неудовлетвореност от нейното появяване: ние сме на съвсем друг хал и не това са проблемите пред българската наука. Наистина, в своя съдържателен предговор акад. И. Юхновски, председател на БАН, разказва за подобни явления (не всички) и у нас, но слава Богу нашите са дребни кокошкарки в сравнение с “пладнешките учени”, а в БАН и СУ няма богата почва за подобни крупни золуми. Затова отминах с пренебрежение оправданието на Бушев, че те имат пета колона и у нас ...

Защото туморът на българската наука не са “пладнешките учени” (каквито безспорно има и у нас), а “псевдонаучните”, “наукоподобните” изследвания, които все още заливат научната почва, когато малкото налични средства се разливат и потъват като в пясък ... Затова трудно ми е да гледам позитивно на нещата: мисля, че приносът на БАН в борбата срещу лъженауката – ако това е била целта на издаването на тази книга, щеше да бъде по-голям и по-траен, ако примерно не бяха спрели издаването на единственото и с над стогодишна традиция научно-популярно списание на БАН

“Природа”: популяризирането и разпространяването на истинското знание е плодотворно и ефективно отколкото борбата с ментарджии. Колкото и нескромно да звучи – всеки, който разгърне старите броеве на *“Светът на физиката”* ще се убеди, че то никога не е спирало своето противоборство с лъженауката у нас – поне в областта на физическите науки. Но сам войнът – поне в тази област, е безпомощен ...

Да, ама не!

III. Бях нахвърлил някои от тези мисли, но много пъти, седнал пред компютъра, погнусен, не можех да продължа и завърша опуса си ... Докато една неделна привечер, (29.02.2004 г.) телефонно позвъняване на изнервен приятел ме насочи да включа К1 на телевизора – БНТ с предаването “Всяка неделя”. Не съм мазохист, избягвам маразматичния тандем Кеворкян-Карбовски (както и много други, хайде, да не ги изброявам всичките ...), но този път напъните на “академик” Ажажа да ни убеди в съществуването на НЛО и жалките опити на “водещия” да се измъкне от блатото, в което беше завлечен, ми достави истинско удоволствие: по-добра антиреклама на антинауката едва ли можеше да се направи! По-нататъшни реакции на познати и техни познати напълно потвърди моето, вероятно пристрастно, впечатление ... А появата на един от героите на книгата на акад. Кругляков – друг “академик”, Акимов – няколко седмици след Ажажа, пак като гост на БНТ, преля чашата – след нецензурните ми възклицания посегнах ... към компютъра! [2]

Впрочем такава ситуация е симптоматична за епохата – психологична несигурност и морална обърканост на съвременния човек. Проповядват “криза на разума”, вещаят апокалипсис и със сюрреалистични предсказания гарантират задгробна утеха. Разчитат на мълниеносното въздействие, втурнали се в подкрепа на нуждаещото се, загубило равновесие и досег с реалността объркано население ... Склонни към параноя хора, издигнали се над тълпата, опиянени от мисълта за тайнствени конспирации – независимо от целите и съдържанието сега те имат пълната “свобода” да се развихрят и подвизават, където могат и когато могат. Жизнеността на носителите на този вирус, неуморимостта и неукротимостта на пропагандаторите и разпространителите им – медиите, които кацват като мухи върху всякакви редки ... Модни телевизионни шамани, гадатели и пророци (от двата пола, ако имат такива), всемогъщи лечители на всякакви болести и с рецепти за човешки нещастия и вселенски катастрофи.

И въпреки, че пладнешки учени са съществували винаги, тяхната дейност се активизира особено в периоди на социално падение и дълбока криза на моралните и етични ценности. Подвизите и похожденията на знаменития маг и алхимик граф Алесандро Калиостро в епохата на Просвещението в Европа, на Й. Гелер по време на възхода и утвърждаването на националсоциализма в Германия; за Кашпировски и компания по време на разпада на Съветския Съюз вече споменах, а ето че сега – по времето на Путин в Русия – Ажажа и Агдеев и другите многобройни техни събратя ... И ето ги и у нас – в новото време на Саксбургготски ...

Казват, че великата истина “Всеки остров заслужава своят управител” Сократ е изказал, обобщавайки и екстраполирайки личния си брачен опит: ”Всеки мъж заслужава съпругата си” ... Нека и на мен бъде позволено да перифразирам: “Всяко общество си заслужава и книжнината и телевизията си”!

Но: не е виновен онзи, който изяжда зелника, а онзи, който му го дава ...

Баста!!!

IV. Бях срещал този човек – Джордж Шарпак, бях чел за него, бях работил с уреда, за който той през 1992 г. бе удостоен с Нобеловата награда по физика [3]. Знаех, че той е много активен в борбата с паранауката и когато през 2002 г. книгата му (заедно с Хенри Брош, професор по физика в университета в Ница) “Станете магьосници, станете учени” (“*Devenez sorciers, devenez savants*”, *Odile Jacob Sciences*, Paris, 2002) стана бестселър (продадени 280 000 екземпляра за един месец!), любопитството ми надхвърли благоразумието и помолих сина си в Париж и той да се изръси 21 € и да ми я прати ...

GEORGES CHARPAK
HENRI BROCH

DEVENEZ SORCIERS
DEVENEZ SAVANTS



Това вече е друга опера! Стъпили на твърдия и сигурен фундамент на съвременната наука, те безкомпромисно разобличават и демистифицират голям брой “известни” паранормални явления, телепатични сеанси, екстрасенси, астрологични предсказания ... както и демонстрират провеждането на множество подобни фокуси и манипулации!

Сега аз тук трябва да изхвърля (с удоволствие) моя текст, свързан с представянето на тази книга, защото неотдавна попаднах на едно интервю на самия Шарпак, дадено на сп. “*Фигаро Магазин*” (вж. интервюто с Шарпак “*Да се научим да се съмняваме*” тук), което най-добре характеризира неговите възгледи по въпроса. Да пием вода от извора!

Ще си позволя обаче една бележка, вземайки повод от застъпената в тази интересна книга гледна точка. Става дума за ролята на науката в съвременната цивилизация и по-точно – за пътищата на познание. В Западното (Християнско) общество се очертават две тенденции, които в екстремния си вид могат да се определят като *редукционистичен*: всички видове познание (включително социология, история, етика, религия и пр.) могат да се свежда до “природонаучното”; и *традиционен*: съществуват множество независими източници на познание и природонаучното е само един от тях. И ако авторите на разглежданата книга се придържат към първия споменат подход, то през 20-ти век голяма част от учените се завръщат по близко до традиционното схващане. Все пак познанието за добро и зло, за красота, етични и морални ценности, приятелство и семейство имат друга основа и са съществували далеч преди налагането на природоматематичните методи за познание. Научното познание си има свой точно определен критерии за достоверност: експериментална верификация на явлението, тяхната възпроизводимост и контрол, както и логическа непротиворечивост на обяснението. Може би съществуват и паранормални феномени, но те не са обект на научно обяснение. И цялата галиматия идва от размиването на границите, смесването и пренасянето на природонаучни методи за обяснение на такива явления.

И така ...

V. Въпреки че смисълът и съдържанието на думата наука е ясно и определено – систематично изработване на обективно знание (казано най-общо) – и пред нея се налага да се поставят различни представки: пара, псевдо, квази ... и пр. За тях няма ясна дефиниция и не съществуват ясни разграничителни линии помежду им, но, за съжаление, за всяка от тях има място в нашата действителност, всяка си е извоювала определена територия и се опитва да я разшири за сметка на плодоносното поле на истинската наука. Може би етимологията на представките характеризират тези мочурища в известна степен. Гръцкото $\pi\alpha\rho\alpha$ има смисъл на “до, наблизко, покрай, извън, отклонение ...”, а $\psi\epsilon\upsilon\delta\omicron$ има смисъл на “лъжа, мним, неистински ...”; латинското *quasi* означава “уж, като че ли ...”. Така че всички те със своите нюанси означават, ако не антинаука, то поне е ясно, че това не е наука. Разбира се, тук не става дума за съзнателните измами или фалшификации, дело на мошеници или шарлатани, за които научната общност има изработен бърз рефлекс – отлъчване или игнориране, каквото ще направим и ние сега ...

Може би проблемите ще станат по-ясни, ако се опитаме да анализираме малко по-конкретно някои от тези области (всяка от тях си има свои многобройни специфични подразделения), които претендират за “научност”. Например с “паранауки” се квалифицират такива занимания като астрология, нумерология, парапсихология, алтернативни медицини, неидентифицирани летящи обекти и извънземни пришелци, четене и предаване на мисли на разстояние, животът след смъртта или общуване с умрели и т.н. до различните начини за надникване в миналото и предсказване на бъдещето ... Престижът им се основава на ефектни, неконтролируеми и неповтаряеми резултати, върху които се построяват впечатляващи интелектуални конструкции, водещи обикновено в “кьор-сокак” ... И най-вече върху обещания в неопределено бъдеще ... Паранауката представлява неправомерна, необоснована екстраполация на научни методи, единичното се обявява за общовалидно, хипотезата се превръща в твърдение, от което се правят изводи. Така тя се превръща в изопачен, изкривен образ на истинската наука, най-често – в нейна карикатура.

Но има и друга “разновидност” в науката: кичът. Немското прилагателно *kitsch* означава “банално, безвкусно, бездарно наподобяване” и обикновено се употребява за произведения на изкуството. За съжаление кичът има място и в науката и опасностите от него не са по-малки, а имат и тежки последици: кичовите занимания като бурени разрушават плодотворни полета или като скакалци опоскват посети площи. Защото ако паранаучните занимания са в периферните (или междудисциплинарни) области и съществуват известни критерии за идентификацията им, кичовите са присъщи, неотделими и ... неизбежни за всички научни дисциплини.

Нека разгледаме малко по-подробно тази разновидност в науката, която нарекохме кич. Защото това е ахилесовата пета на научните изследвания у нас сега. В наукометрията даже се използва думата “тор” – с всички добри и лоши значения на тази дума. По-късно беше заменена с по-приемливата “флора” или “фауна”, без това да изменя по същество нещата. Трябва да напомним, че над 2/3 от научната продукция (научни публикации) остават нецитирани, т.е. незабелязани, остават без отклик, не дават никакво отражение върху развитието на съответния клон на изследвания; едва 1/10 се цитират еднократно, а средната продължителност на живот на тези цитирани научни публикации е около три години (т.е. самите цитирани публикации увяхват бързо ...). Затова е естествено сред научноизследователската дейност да има и обилна продукция, която отива на торището. Нека обаче подчертаем, че при нея няма лъжа, няма измама – всичко се прави, както трябва – добросъвестно, с научна методичност и усърдие. И въпреки това остава “мъртвородена” ...

Ричард Файнман беше нарекъл такива изследвания “наука за самолетопоклонници”. В своята знаменита автобиографична книга той разказва: “На тихоокеанските острови има такава религия. По време на войната те видели как се приземяват самолети, пълни с всякакви хубави неща, и им се ще и сега да е така. Затова построили площадки, удобни за кацване и излитане на самолети, от двете страни нареждали огньове, построили дървена барака, в която седи човек с дървени наушници и бамбукови пръчици, стърчащи като антени – той е диспечер – и чака кога ще кацнат самолетите. Само че самолетите не се приземяват ... защото хората, които се занимават с тях, след като спазват всички външни правила и форми за научно изследване, явно изпускат нещо важно, щом самолетите не кацват на тяхното летище”.

Обикновено такива изследвания – правени по метода на “самолетопоклонниците”, потвърждават вече известни неща. Приносът им е в бурните талози на информационното наводнение. И въпреки това, ако понякога такива изследвания могат да се окажат не съвсем безсмислени и даже донякъде полезни – ако послужат за подготовка и обучение за следващи смислени изследвания, то те стават вредни, когато се превърнат в извор на каканижещи публикации със същите качества, затлачващи околността. В терминологията на теорията на информацията тази дейност може да се разглежда като шум, на чийто фон трябва да съществува полезен сигнал от смислено научна продукция. И проблемът се свежда до това: шумът да не заглуши сигнала. А оптимизацията ѝ е: подобряване на отношението сигнал/шум.

Обикновено времето на живот на гребена на вълната на предния фронт на дадено направление е значително по-късо от активния действителен период на един учен или изследователска група. А смяната на тематиката, проблематиката и методиката е тежък, трудоемък и продължителен период, свързан с ред психологични, финансови и организационни изисквания, които не са по силите на всеки един учен или всяка

изследователска група. Особено ако самият изследовател или целият колектив са изразходвали сили или/и финансови средства. Точно такова застаряване и изчерпване е един от източниците за преливане на същинските научни изследвания в квазинаучни и в продукцията на научен кич. Сами за себе си те не могат да дадат отражение върху истинската наука, но поддържането им измуква и без това пресъхващите извори за оросяване на плодотворните оазиси или избуяване на бурени върху плодотворни почви. Социални и персонални проблеми превръщат творческите подбуди в амбиции за по-нататъшно задържане в научната общност, а амбулантната научна продукция – в средство за задоволяване на консумативни интереси. Това характеризира и получилия широко разпространение израз “bread and butter physics” – научна продукция за осигуряване на “хляба и маслото” ... (Ех, вярно е, че у нас често върху филията няма масло, но и една дребна командировка в западна чужбина не е за пренебрегване ...) В такива периоди и такива групи надделяват филистерските отношения и фарисейското поведение: склерозираният, ограничен кръгзор налага привидно строго механично подражаване на преписани рецепти, а амбиции и страхове стават повод за нарушаване на научни норми и етика ...

Друга вече съвсем изродена разновидност на кича в науката е това, което Умберто Еко нарича “Марефология” – наука за правене на дупки в морето. Баналност и безсмисленост са основните ѝ характеристики и научното санкюлотство е очевидно. Тук “инерцията в научните изследвания” е положила тежката си лапа: положените усилия, изразходваното време (живот), достигнатите йерархични “висоти” и вкусени сладости, вложени средства (макар и бюджетни) са си казали окончателно думата. Бездарието се е превърнало в безсилие, самозалъгването доминира над пародирането и предизвиква повече съжаление, отколкото пренебрежение. “Мястото ти е сторено, ала времето минало”, както се пее (по друг повод) в една известна нашенска народна песен. И ако употребим (наново) малко фриволна терминология, сега става дума не за мъртво родена наука, а за научна импотентност ...

Така че истинската наука, въпреки че има големи простори за изследване, всъщност винаги се движи по тясна пътека между две пропасти, винаги застрашена да се подхлъзне: от една страна – безвъздушното пространство на паранауките, от друга – мочурливото дъно на наукоподобieto ...

Затова въпросът за управлението на науката, колкото за някой да звучи административно, има място, и то важно, в научните изследвания, особено в една реформираща се и реструктурираща се страна като нашата. Защото ако в науката не може (и не трябва) да се заповядва какво да се прави, то би могло и трябва да се казва какво не трябва да се прави ...

Бележки

[1] Подробна и съдържателна рецензия за тази книга виж в кн. 2/2004 на “Св. на физиката”, стр. 173.

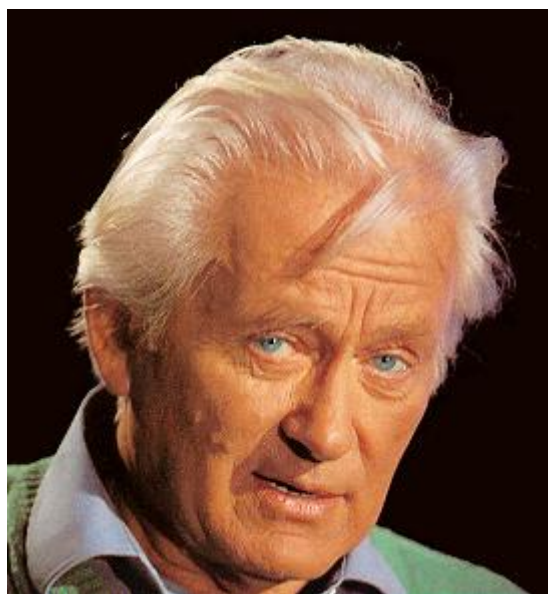
[2] Доколкото разбрах, въпреки протестното писмо на физическата общност у нас, надменно пренебрегнато от ръководството на БНТ, напъните на “Всяка неделя” в тази насока продължават ...

[3] Вж. “Св. на физиката”, т. XVI, кн. 2, 1993 г., А. И. Шкловская и Вл. Пенев, “Многожичните пропорционални камери на Жорж Шарпак и физиката на високите енергии”.

Н. Ахабабян

ДА СЕ НАУЧИМ ДА СЕ СЪМНЯВАМЕ

Псевдонауките – това е врагът! Със своята книга “Станете магьосници, станете учени”, написана в сътрудничество с Анри Брош, нобеловият лауреат за физика Жорж Шарпак* обявява война на “галопиращия обскурантизъм”, който разяжда нашата епоха. С Шарпак разговаря Гиймет дьо Серине от списание “Фигаро Магазин”.



Книгата Ви веднага се разпродаде в над сто хиляди екземпляра. Бяхте ли предвидили такъв успех?

- Не, разбира се, но толкова по-добре, това е доказателство, че хората обичат да учат. Самият аз научих много, докато писах тази книга. И много се забавлявах.

“Досадното при Нобеловата награда – ми доверихте веднъж, - е че с нея всичко, което кажеш, придобива тежест...”

- Силата на книгата – и талантът на моя съавтор Анри Брош – е в това, че експериментално показва измамността на разни твърдения. Брош например предлагаше по Интернет по 200 000 евро на всеки, който му демонстрира паранормално явление: за десет години се пристъпи към двеста и петдесет експеримента и той ги развенча всичките. Изумително е, че в развита страна като Франция и до днес се шири такава невежество в научно отношение: всеки трети французин още е убеден, че Слънцето се върти около Земята, всеки втори вярва в телепатията и в астрологията, всеки десети – в призраци! Все глупости, раздухвани от медиите, дори от най-сериозните.

Въпрос на образование ли е това?

- О, не! Най-нелепото е, че в днешна Франция тъкмо образованите среди са най-податливи на окултизма, без съмнение защото са откъснати от реалния свят: селянинът се грижи за кравите си, докато ръководният фирмен кадър мисли, че млякото расте в картонени кутии – почти не преувеличавам. Друг тревожен белег е, че младите са по-доверчиви от батковците и каките си.

Научните познания не предпазват ли от суеверието?

- Важното е не толкова да се знае защо водата кипи при 90⁰С, а да се изгради научно мислене. Децата от “Ръка да пипне” (нов метод за преподаване на естествените науки в началното училище, препоръчан от Шарпак) го придобиват. Те се научават да изграждат хипотеза, да я проверяват, да си водят дневник на опитите, да обсъждат резултатите. Пак можеш да им разправяш, че ако се самоубият, седемдесет девици ще ги чакат в рая, но те няма да повярват. Това е и целта на книгата: да научи хората да се съмняват.

Като им помогне самите те да станат магьосници?

- Това е първият етап. Разбира се, когато гледаш как илюзионистът разрязва жена на две и после залепя половинките, знаеш, че има някакъв трик. На левитацията, в която много хора, изпаднали под влиянието на хиндуисткия мистицизъм, вярват непоклатимо, е кажи-речи същото: ако бях малко по-ловък, бих се забавлявал да правя номера на внуците си, подпрян на бастун и с метална арматура, пъхната в панталоните. Колкото до ходенето по жарава, и то не е кой знае колко по-трудно, понеже когато стъпиш, температурата за миг се понижава. Важното е да не се уплашиш и да хукнеш, защото всичко се свежда до повърхнината на допира.

Нито един фокус не може да се оприе на вашето разобличително начинание – дори огънатите лъжички...

- Наистина психокинезата – въздействието от разстояние на духа върху материята – понесе удар с неотдавнашното откриване на металите с “памет за форма”: днес те се използват например в медицината, за да се разширят артериите, като се промуши в тях метална нишка, която при телесна температура приема формата на пружина.

Не сте много снизходителен и към астрологията...

- Преди двайсетина години бе направено проучване сред студенти от университета в Ница. От тях се искаше да напишат датата на раждането си, внушаваше им се, че ще се изчислява астралната им тема. Седмица по-късно всеки получи индивидуално описание на характера си, което 69% от анкетираните прецениха като съответстващо. Досадното е, че на всички тях бе изпратена съвършено еднаква хартийка! В някои мъгляви приказки човек съвсем спокойно може да разпознае себе си. А после бързо забравя предсказанията, които не са се сбъднали.

Според вас астрологията би функционирала дори на погрешни основи!

- Тя чисто и просто не държи сметка, че за повече от две хиляди години нашето небе се е променило. Тъй като обикаля около Слънцето, като в същото време се върти около себе си като пумпал, година след година Земята вече далеч не заема същото

положение. Така излиза, че астролозите, които в по-голямата си част работят с тропически, с други думи свързан със Слънцето, зодиак, градят хороскопите си около знаци, които вече изобщо не покриват първоначалните съзвездия. Но това хората не искат да го чуят. Вземете радиестезията...

Развенчана, както казвате, от химика Шеврьол преди почти два века...

- Кое не попречи по време на студената война както американците, така и руснаците да използват махалото за засичане на подводниците на противниковия лагер. Разбира се, ако трябва да потърся вода в двора си, бих се обърнал не към някой момчурляк от Париж, а към местния шаман, комуто дедите са предали своето знание и който ще може да открие, че тревата е по-зелена тук, отколкото другаде... Но неговото махало не му служи за нищо. Не е ли впрочем странно, че колкото по-дълбоко е водата, толкова повече обиколки прави?

Всъщност вие призовавате хората да се опират на здравия си разум...

- Това е основно, но е важно също да си дадем сметка до каква степен сме обосновани. Спомням си как се ядосах веднъж на вечеря у един индустриалец, че съм се хванал на номера с мнимото предаване на мисли от разстояние. Бяха ме накарали да назова един инструмент и един цвят. После инициаторът на играта ми показва резултата, записан предварително в компютъра му. Как беше отгатнал моя избор “червен чук”? Тогава не знаех, че това е отговорът, даван на този въпрос от 90% от французите! Множество любопитни съвпадения могат да бъдат предвидени, стига човек да има на ум някои статистики.

Говорите за телевизионни предавания, по време на които медиумът само с поглед кара електрическите крушки да изгарят...

- Наистина в студиото се получават куп възбудени обаждания: “При мен изгоря!” Но ако съпоставим средната продължителност на живота на една крушка с нажежена жичка – хиляда часа – и броя на телевизионните зрители, всичко се оказва повече от нормално. Хората се вълнуват много и от предчувствията. Когато моите деца бяха по-малки и караха скутери, си представях винаги най-лошото. Нищо не се случи. Ако беше станало нещо, дали нямаше да изтълкувам тревогата си като предзнаменование?

Понякога изпадаме в истинско умопомрачение!

- Детинските шегички са здравословно нещо. Не толкова здравословен е обаче неистовият стремеж да се придава смисъл на онова, което няма такъв. През септември 1985 г. в едно градче близо до Тионвил във Франция обикновено петно от влага върху стената на една къща в центъра привлича вниманието на хиляди хора, които без колебание видяха в него лика на Христос. А някои вярваха, че съзират разкривения образ на дявола в обхванатите от пламъци кули на Световния търговски център.

Избухването на страховете ли е първата почва за псевдонауките?

- Очевидно, да. Днешните хора съзнават, че науката е променила революционно живота им, но в същото време в генетично отношение те са си останали същите, както в пещерната епоха. Затова изпадат в ужас пред оръжията за масово унищожение, климатичните промени, клонирането и други спорни биологични постижения. Не е случайно, че през последните пет години броят на студентите по научните специалности е намалял с 30%. Някои политически движения експлоатират тази жила, като “зелените” с техните смешни истории за замърсяване. Трябва да се знае, че

човешкото тяло е театър на десет хиляди разпадания на атоми в секунда поради калия, който съдържа. А ето, че някой иска да паникьосва хората с радиоактивност, която е десет или двайсет пъти по-слаба от естествената – и идва да им говори със сериозна физиономия по телевизията, че ги застрашава най-лошото, ако изберат за изолатор еднокорична стъклена вата или ако се разхождат по плажа на Гро дю Роя в Камарг!

Там пясъкът не е ли по-радиоактивен, отколкото другаде?

- Може би да, поради праха, довян от планинския масив Ванту или заради морските течения, но това няма никакво значение. В Париж, на остров Сен Луи – богаташки квартал! – от гранитните тротоари, широки метър и петдесет, радиоактивността е три пъти по-висока, отколкото отсреща, на левия бряг, където има само скромни бордюри – и все пак нямаш впечатлението, че поемаш нечувани рискове, ако прекосиш Сена, не повече, отколкото ако отидеш да навестиш баба си в Бретан, пак гранитна земя! В същото време се приема около петдесет хиляди души годишно да умират по вина на цигарите. Пълен абсурд.

Каква е опасността от тази “кретенизация”, породена от вярването в псевдонауките?

- Че тя пречи на хората да се изправят пред истинските проблеми! Реалният проблем с ядрените отпадъци например. Междувременно благодарение на радиоактивността се правят изключителни медицински открития, тя позволява да се избегне работата на пълна мощност на топлоцентралите. Неотдавна бях в Китай: ако китайците решат да експлоатират невероятните си залежи от въглища, това би бил краят на планетата.

Заради затоплянето на климата ли?

- То наистина е голяма заплаха. Също както проблемът с хранителните ресурси: ако през 2050 г. Земята се окаже с три милиарда души повече за изхранване, ако един милиард от тях търсят начин да избягат без виза на бреговете на моята страна, тогава тъкмо моето общество ще бъде застрашено. На този фон да се допитвам до хороскопа си или да се втрещвам в махалото си, да се тъпча с предавания за паранормалното по телевизията е малко несериозно, не мислите ли? Това са все пречки за утвърждаването на свободния човек, господар на съдбата си.

Трябва ли да виждаме във вашата книга пледоария в защита на материализма?

- Човекът си остава все така загадка, той винаги ще бъде милиарди пъти по-сложен и от най-сложния компютър. Не, нашата цел е много по-скромна. Ние просто казваме на хората: “Не се оставяйте да ви баламосват!” Религиите впрочем също се борят срещу суеверията. Дори чудесата вече не са догма за тях – достатъчно е да се види колко бдителна е католическата църква към необяснимите изцеления.

Приемате ли идеята, че за да живеят, хората имат нужда да мечтаят?

- Разбира се! Аз дори не съм против продавачите на илюзии, стига да носят щастие: защо не и гледачка, ако тя умее да те изслуша, в един свят, в който хората вече не си говорят, и ако по своему запълва онази потребност от утеха, която лекарите, дори срещу 20 евро на преглед, вече не са в състояние да дадат? И все пак е по-добре хората да се насочат към други пространства на мечтите: литературата, танца, музиката... Веднъж участвах в телевизионно предаване на Фредерик Митеран и една много красива жена запя цигански романси: буквално се вкамених!

Това ли е вашият дял мечта?

- Да, музиката. А също и моите деца, многобройните ми внуци. Всичко, което е свързано с обичта. И с предаването на знанието, което днес е основното ми занимание. Там амбициите ми са огромни. В тази област съм направо мегаломан...

* Жорж Шарпак е роден в Дабровица, Полша, през 1924 г. Във Франция се установява през 1931 г., приема френско гражданство през 1946 г., завършва лицей "Сен Луи", после Минния институт в Париж. Доктор по ядрена физика от 1954 г., той работи в Националния център за научни изследвания, след това в Европейския център за ядрени изследвания. Член е на френската Академия на науките от 1985 г.. През 1992 г. е удостоен с Нобелова награда за физика.

РАЗУМ И МАТЕРИЯ

(Лекции, изнесени в колежа “Тринити”, Кеймбридж, октомври 1956 г.)

Ервин Шрьодингер

Част III

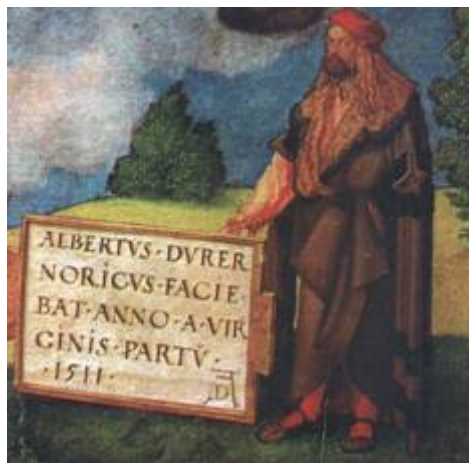


Глава 5. Наука и религия

Може ли науката да ни просвещава по въпроси, свързани с религията? Биха ли могли резултатите от научните изследвания да ни помогнат в някаква степен за постигането на смислен и задоволителен отговор на онези парливи въпроси, които спохождат всекиго в един или друг момент? Някои от нас, особено в здравата и жизнена младежка възраст, успяват да ги изместят встрани за дълго време; други, вече в напреднала възраст, са се задоволили с убеждението, че отговор няма и са се отказали да го търсят, но има и такива, които през целия си живот се терзаят от противоречията на интелекта, измъчват ги страхове, свързани със стародавни разпространени суеверия. Имам предвид въпросите, отнасящи се до “оня свят”, “живот след смъртта” и всичко, свързано с тях. Ще подчертая, че аз, разбира се, няма да обсъждам *тези* въпроси, а само значително по-скромния въпрос дали науката може да ни предложи някаква информация относно тях или да помогне в нашите – за мнозина от нас мъчителни – размисли върху тях.

За начало ще кажа, че по един твърде примитивен начин тя със сигурност може и е правела това без много шум. Спомням си старите печатни издания и географски карти на света, в които бяха изобразени адът, чистилището и раят, като първият беше представен дълбоко под земята, а раят беше показан високо горе в небесата. Тези картини не са имали чисто алегоричен смисъл (какъвто добиват в по-късни времена – например в известната картина на Дюрер “*Преклонение пред Светата Троица*”); те говорят за едно много популярно за времето си примитивно вярване. Днес нито една

църква не изисква от вярващите да тълкуват нейните догми по този материалистичен начин – обратно, тя решително не подкрепя такова разбиране. Подобен напредък несъмнено е подпомогнат от нашите знания (колкото и скромни да са те) за вътрешността на планетата, за природата на вулканите, за състава на нашата атмосфера, за възможната история на Слънчевата система и за структурата на Галактиката и Вселената. Нито един културен човек не би очаквал да срещне тези измислици в коя да е област от пространството, която е достъпна за нашите изследвания, бих добавил – също и в областите, които са техни продължения, без пряко да са достъпни за изследвания; такъв човек, даже ако е убеден в тяхната реалност, би им придал духовен смисъл. Не бих казал, че при дълбоко религиозните хора подобно просветление е настъпило веднага със споменатите научни открития, но те със сигурност са съдействали да се изкоренят материалистичните суеверия в тези вярвания.



Алберт Дюрер “Преклонение пред Светата Троица” (*The Adoration of the Holy Trinity*) 1511 г., Музей по история на изкуствата, Виена

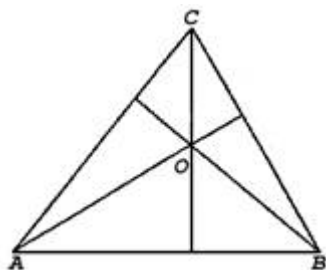
(вдясно – детайл)

Все пак това се отнася до едно доста примитивно интелектуално равнище. Има значително по-интересни въпроси. Най-важният принос на науката за преодоляването на смущаващите въпроси “Кои сме ние всъщност? Откъде сме дошли и накъде отиваме” – или поне за известно успокояване на умовете, – повтарям, най-ценната помощ от страна на науката в тази насока според мен е постепенното идеализиране на времето. Като мислим за това, имената на трима души изникват особено ярко в съзнанието ни, макар че много други – включително и въвн от науката, каквито са Св. Августин (354-430, Северна Африка, християнски теолог – *бел. прев.*) и Боетий (480-524, римски философ – *бел. прев.*), – са попаднали на тази златоносна жила; тези трима са Платон, Кант и Айнщайн.

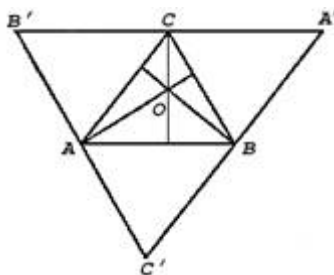
Първите двама не са учени, но тяхната страстна посветеност на философските въпроси, техният всепоглъщащ интерес към света, се коренят в науката. В случая на

Платон това е математиката и геометрията (днес не бихме ги делили, но по негово време е било така). Какво отличава творчеството на Платон, та то да блести с непомръкваща сила след повече от две хиляди години? Доколкото знам на него не му се приписва никакво особено откритие, свързано с числата или с геометричните фигури. Неговият възглед за материалния свят на физиката и живота понякога е фантастичен и като цяло е по-елементарен от този на други (мъдреците от Талес до Демокрит), някои от които са живели повече от столетие преди него; в знанията си за природата той е значително надминат от своя ученик Аристотел и от Теофраст. На всички, освен на най-ревностните му поклонници, цели пасажии от неговите диалози оставят впечатлението за някаква игра на думи, пълно нежелание да се изясни смисълът на дадена дума, по-скоро очакване, че думата сама ще стане ясна като съдържание, ако се повтаря достатъчно често. Неговата социална и политическа Утопия, която претърпява неуспех и го поставя в сериозна опасност, когато той се опитва практически да я осъществи, има много малко последователи в нашето време, изпитало бедствията на подобни неща. Тогава какво е създало неговата слава?

Обяснението според мен е в това, че той пръв се вглежда в идеята за безвремево съществуване и даже я подчертава – противно на здравия разум – като реалност – по-реална от нашия фактически житейски опит; последният, казва той, е само сянка на първото, от което произтича цялата реалност, която изпитваме. Говоря за теорията на формите (или идеите). Как е възникнала тя? Няма съмнение, че Платон стига до тази теория, след като се запознава с учението на Парменид и елеатите (Елея – гръцка колония в Южна Италия; елеати – философската школа на Парменид, 6 в. пр.н.е. в Елея – *бел. прев.*). Но също толкова вярно е, че това учение намира у Платон пълна готовност да го допълни с красивата идея за обучаването чрез разсъждения; по своята природа то е припомняне на предишни знания, които до известен момент остават латентни, а не са откриване на изцяло нови истини. Обаче Парменидовото вечно, вездесъщо и неизменно Единно в разбиранията на Платон се превръща в много мощното схващане за Царството на Идеите, което разпалва въображението, макар че по необходимост си остава една загадка. Тази мисъл е възникнала, както предполагам, от едно твърде реално изживяване, а именно, когато той остава потресен от възторг и страхопочитание пред откровенията в царството на числата и геометричните фигури – така както мнозина остават потресени след него, а Питагорейците преди него. Той разпознава и попива дълбоко в ума си природата на тези откровения, как те се разгъват постепенно чрез чисто логически разсъждения и ни запознават с истински релации, чиято истина не само е недостъпна, но очевидно я има и то завинаги; тези релации са били валидни и ще бъдат такива независимо от нашето вникване в тях. Математическата истина е безвремева, тя не възниква, когато ние я откриваме. При все това нейното откриване е твърде реално събитие, то поражда емоции като щедър дар от приказна фея.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Трите височини на един триъгълник ABC (фиг. 1) се пресичат в една точка O . (Височина е перпендикулярът, спуснат от даден връх към противоположната страна или към нейното продължение.) На пръв поглед не е ясно защо трябва да е така; *не всеки* три линии се пресичат така – обикновено те образуват триъгълник. Нека сега да изтеглим през всеки един от върховете прави, успоредни на противоположните страни, така че да се образува по-големият триъгълник $A'B'C'$ (фиг. 2). Той се състои от четири еднакви триъгълника. Трите височини на ABC в по-големия триъгълник са перпендикулярите, издигнати от средите на неговите страни, техните “линии на симетрия”. Така че издигнатият в C перпендикуляр ще съдържа всички точки, които са на еднакво разстояние от A' и от B' ; издигнатият от B съдържа всички точки, които са на еднакво разстояние до A' и до C' . Поради това точката, в която тези два перпендикуляра се пресичат, е на едно и също разстояние от всичките три върха A' , B' , C' и следователно ще лежи също върху перпендикуляра, издигнат от A , тъй като той съдържа всички точки, които са на едно и също разстояние от B' и от C' . Q.E.D. (quod erat demonstrandum – което трябваше да се докаже – бел. прев.).

Всяко цяло число, с изключение на 1 и 2, е “по средата” на две прости числа или е тяхното аритметично средно; например

$$8 = \frac{1}{2}(5 + 11) = \frac{1}{2}(3 + 13)$$

$$17 = \frac{1}{2}(3 + 31) = \frac{1}{2}(29 + 5) = \frac{1}{2}(23 + 11)$$

$$20 = \frac{1}{2}(11 + 29) = \frac{1}{2}(3 + 37).$$

Както виждаме, обикновено решението е повече от едно. Това е теоремата на Голдбах, за която се смята, че е вярна, макар че не е доказана.

При събиране на последователни нечетни числа, т.е. започвайки винаги от 1, да вземем първо само 1, после $1 + 3 = 4$, после $1 + 3 + 5 = 9$, после $1 + 3 + 5 + 7 = 16$, винаги получаваме квадрата на някое число и по такъв начин се получават всички

квадрати на числата, като това винаги е квадратът от броя на събираните нечетни числа. За да схванем общността на тази релация, ние можем да заменим в сумата всяка двойка събираеми, които са еквиливантни от средата (т.е. първото и последното число, второто и предпоследното и т.н.) с тяхното средно аритметично, което очевидно е точно равно на броя на събираемите; така например в последния от горните примери:

$$4 + 4 + 4 + 4 = 4 \times 4.$$

Сега да се върнем към Кант. Неговото схващане за идеалност на пространството и времето е не само общоизвестно, но заедно с това се смята за фундаментална, ако не и най-фундаменталната част от неговото учение. Както по-голямата част от това учение, то не може нито да се потвърди, нито да се отрече, но това само по себе си не го лишава от интерес (по-скоро то печели от това, защото ако можеше да се докаже или опровергае, то би било тривиално). Смисълът на това схващане е, че свойството да се простира в пространството и да се случва в добре дефинирана времева подреденост на “преди и след” е качество не на света, който ние възприемаме, а принадлежи на възприемащия разум, който обаче в своето съвременно положение не може да не регистрира всичко, което му се предлага, в съответствие с двата картографски ориентира – пространството и времето. Това не означава, че разумът схваща тези схеми на подреденост независимо от или преди какъвто и да е опит, а че той не може да не ги развива и прилага към преживяването, когато то се случва, и особено че този факт нито доказва, нито подсказва, че пространството и времето са схема на подреждане, присъща на “нещото в себе си”, което по мнението на някои хора е причина за нашето преживяване.



Имануел Кант

Не е трудно да се покаже, че това е измамно твърдение. Нито един отделен човек не може да направи разлика между съвкупността от своите усещания и съвкупността на нещата, които ги причиняват, защото колкото и подробности да е узнал относно цялата история, тя възниква само веднъж и повече не се повтаря. Дублирането е алегория, внушена ни от взаимоотношенията с други човешки същества и даже с животни; което показва, че техните възприятия в същата ситуация изглеждат много подобни на нашите, като се абстрахираме от някои несъществени различия в гледната точка – в буквалния смисъл на “точка на проектиране”. Но даже да допуснем, че това ни принуждава да разглеждаме, както правят повечето хора, един обективно съществуващ свят като източник на нашите усещания, как тогава ще решим дали едно общо свойство на целия наш опит се дължи на устройството на нашия разум или е качество, което е присъщо на всичките тези обективно съществуващи неща? Допустимо е да смятаме, че нашите сетивни усещания съставят единственото наше знание за нещата. Но обективният свят си остава хипотеза, колкото и естествена да е тя. Ако ние действително я приемем, няма ли тогава да е най-естествено да припишем на този външен свят, а не на себе си, всичките онези свойства, които откриват в него нашите възприятия?

Все пак най-голямото значение на Кантовото твърдение не е в справедливото разпределяне на ролите между разума и неговия обект – света – в процеса на “формирането на представата за света от разума”, защото, както току що посочих, едва ли е възможно те да се разграничат. Истинското значение е в неговата идея, че това

едно нещо – разумът или светът – може да има други форми на проява, които ние не можем да схванем и които не предполагат идеите за пространство и време. Това означава внушително освобождаване от нашия закостенял предразсъдък. Възможно е да съществуват и други подреждания на събитията освен пространствено-времевите. Пръв, струва ми се, Шопенхауер прави този прочит на Кант. Това освобождение отваря път към вярата, в религиозния смисъл, без обаче при това да означава постоянна съпротива срещу ясните резултати, които безпогрешно се произнасят от нашите опитни знания за света и логичната мисъл. Така например – да вземем най-якия пример за това – нашият опит неизменно се натъква на убеждението, че той не може да преодолее разрушението на тялото, с чийто живот, доколкото познаваме живота, той е неделимо свързан. Излиза ли от това, че след този живот няма нищо? Не. Нашият опит не подсказва, че това по необходимост става в пространството и времето. Но при една подреденост на възникването, при която времето не играе роля, самата идея за “след” е безсмислена. Чистото мислене не може, разбира се, да ни гарантира, че подобно нещо *съществува*. Но то може да отстрани видимите пречки да го смятаме за възможно. Именно това постига Кант със своя анализ и, както ми се струва, това е най-същественото в неговата философия.

Сега в същия контекст ще говоря за Айнщайн. Кантовото отношение към науката е било невероятно наивно, за което вие ще се съгласите с мен, ако разгърнете неговите *“Метафизични основи на науката”* (*Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*). Той възприема физическата наука във вида, който тя е съществувала през неговия живот (1724-1804), като нещо повече или по-малко окончателно и се заема да намери философската аргументация на нейните твърдения. Това събитие в живота на великия ум трябва да служи като предупреждение за всички философи след това. Той показва чисто и просто, че пространството по необходимост е безкрайно, и твърдо вярва, че именно по природата на човешкия ум на пространството се приписват геометричните свойства, които Евклид резюмира. В това Евклидово пространство се движи някакво материално мекотело, т.е. с течение на времето то променя своята конфигурация. За Кант, както и за всеки физик от неговото време, пространството и времето са две напълно различни понятия, така че той без никакво колебание нарича първото форма на нашата външна интуиция, докато смята времето за форма на вътрешната интуиция (*Anschauung*). Откритието, че безкрайното Евклидово пространство не е необходим начин за разглеждане на света на нашия опит и че пространството и времето се разбират по-добре като един общ континуум с четири измерения, на пръв поглед разклаща Кантовата постройка, но в действителност не нанася никаква вреда на по-ценната част от неговата философия.

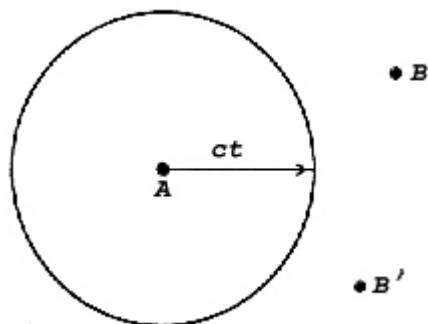
Това откритие е оставено за Айнщайн (както и някои други, като например Х. Лоренц, Поанкаре, Минковски). Мощното въздействие на техните открития върху философите, обикновените хора и салонните дами се дължи на факта, че те го изведоха на преден план; даже в сферата на нашия ежедневен опит пространствено-времевите релации са значително по-сложни, отколкото Кант е можел да си въобрази, следвайки пътя на предишните физици, на обикновените хора и на любителите на модата.

Новият възглед оказва най-силно въздействие върху съществуващата дотогава идея за времето. Времето е понятието за “преди и след”. Новото схващане произлиза от следните два корена:

(1) Идеята за “преди и след” почива върху причинно-следствената връзка. Знаем или поне имаме такава идея, че едно събитие A може да причини или най-малкото да модифицира друго събитие B , така че ако не съществува A , няма да има и B или поне в тази модифицирана форма. Например, когато експлодира мина, тя убива човека, който е седял върху нея; нещо повече, експлозията се чува на далечно разстояние. Убиването може да е едновременно с експлозията, докато чуването на звука на далечно разстояние ще стане по-късно; но със сигурност нито един от тези ефекти не може да стане по-рано. Това е основополагаща идея и фактически тя единствена позволява в ежедневието да се решава въпросът кое от две събития е станало по-късно или поне не е било по-рано. Различиято почива изцяло върху идеята, че следствието не може да предшества причината. Ако имаме основания да смятаме, че B е било причинено от A или че показва някакви белези за действието на A или ако даже (по някакви косвени свидетелства) е допустимо да съществуват такива белези за действие на A , то се смята, че B със сигурност не би могло да стане преди A .

(2) Това трябва да се помни. Вторият корен е в експерименталните и наблюдателни свидетелства, че ефектите не се разпространяват с произволно висока скорост. Съществува горна граница, която се оказва скоростта на светлината във вакуум. За човешките мащаби тя е твърде голяма – с такава скорост екваторът може да се обиколи за една секунда седем пъти. Много голяма, но не безкрайна; да я наречем c . Ще приемем това като фундаментален природен факт. Тогава следва, че споменатото по-горе разграничение между “преди и след” или “по-рано и по-късно” (основано върху причинно-следствената връзка) не е универсално валидно, то се нарушава в някои случаи. Това не е така лесно да се обясни на нематематичен език. Не че математическата формулировка е толкова сложна. Но езикът на ежедневието е изпълнен с предразсъдъци, свързани с идеята за време – ние не можем да употребим глагол, без да го употребим в едно или друго време (на немски “глагол” *Zeitwort* означава буквално “дума за време” – бел. прев.).

Най-простото, но както ще се окаже, не съвсем адекватно разсъждение протича по следния начин. Нека ни е дадено събитието A . Разглеждаме в произволно по-късно време t друго събитие B извън сферата с радиус ct около A (фиг. 3). Тогава B няма да покаже никаква “следа” от A ; нито, разбира се, A ще покаже следа от B . Следователно нашият критерий се нарушава. С езика, който употребихме, ние, разбира се, приехме, че B е по-късното събитие. Но имаме ли това право, след като критерият е нарушен и в двете посоки?



Фиг. 3.

Да разгледаме в един по-ранен момент (относно t) събитието B' извън същата сфера. В този случай, точно както и преди, никакъв знак от B' не може да стигне до A (а, разбира се, и никаква следа от A не може да бъде открита в B').

Следователно и в двата случая имаме точно едно и също съотнасяне на взаимна липса на свързаност. По отношение на тяхната причинно-следствена връзка с A класовете от събития B и B' принципно са едни и същи. Така че ако за основа на “преди и след” искаме да направим това съотнасяне, а не езиковия предразсъдък, тогава B и B' образуват един клас от събития, които не са нито преди, нито след A . Областта от пространство-времето, заета от този клас, се нарича област на “потенциална едновременност” (по отношение на събитието A). Използва се такъв израз, защото винаги може да се приеме пространствено-времева отправна система, в която A да е едновременно с едно конкретно избрано B или конкретно избрано B' . Това е откритие на Айнщайн (направено през 1905 г. и известно като Специална теория на относителността).

За нас физиците тези неща станаха конкретна реалност, ние ги използваме в ежедневната си работа така, както използваме таблицата за умножение или теоремата на Питагор за правоъгълни триъгълници. Понякога се питам защо те породиха такова възмущение сред философите и в обществеността. Предполагам, че това се корени в детронирането на времето като неумолим тиранин, наложен ни отвън, в усещането за освобождаване от нерушимото правило на “преди и след”. Защото няма съмнение, че времето е нашият най-суров господар с това, че както се предполага, то ограничава съществуването на всеки един от нас до тесните граници от седемдесет или осемдесет години, както ни говори за това и библейското петокнижие. Да ти е разрешено да се вмесваш в програмата на господаря, смятана дотогава за непоклатима, да внасяш в нея макар и малки изменения доставя, както изглежда, голямо облекчение, окуражава мисълта, че цялата “програма” вероятно не е така строга, както изглежда на пръв поглед. И тази мисъл ни доближава до религията, а аз бих казал, че тя е *самата* религия.

Понякога може да се чуе твърдението, че Айнщайн е снел дълбоката идея на Кант за идеализиране на пространството и времето; обратно, той прави голяма крачка към нейното осъществяване.

Споменах за въздействието на Платон, Кант и Айнщайн върху философския и религиозен възглед. Но за времето между Кант и Айнщайн, около едно поколение преди втория, физическата наука става свидетел на едно забележително събитие, което би могло да смути мисълта на философите, на хората от улицата и на салонните дами поне толкова, колкото и теорията на относителността, а ако не и повече. А ако това не е станало, причината според мен е в това, че този поврат на мисълта е даже по-труден за разбиране и по тази причина е бил разбран само от малцина и то главно философи. Това събитие се свързва с имената на американеца Уилард Гибс и на австриеца Лудвиг Болцман. Сега ще кажа някои неща за това.

С много малко изключения (и те наистина са изключения) ходът на събитията в природата е необратим. Ако се опитаме да си представим времева последователност от явления, която е точно обратната на реално наблюдаваната – подобно на въртенето на филмова лента в обратна посока, – такава обратна последователност, макар че лесно можем да си я въобразим, почти винаги ще бъде в силно противоречие с твърдо установените физически закони.

Общата “насоченост” на всичко, което се случва, беше обяснена от механичката или статистическата теория на топлината и това обяснение беше с право приветствано като най-забележителното постижение на тази теория. Тук не мога да навляза в подробностите на физическата теория, но това не е и необходимо, за да се улови същината на обяснението. Последното би било твърде слабо, ако необратимостта беше заседнала като фундаментално свойство на микроскопския механизъм на атомите и молекулите. Тогава то не би било по-добро от множеството средновековни чисто словесни обяснения от рода на: огънят е горещ поради неговото огнено свойство. Не е така. По идеята на Болцман ние се сблъскваме с естествената тенденция всяко подредено състояние да преминава в по-малко подредено състояние, но никога обратно. За сравнение да вземем колода карти за игра, които грижливо сме подредили, започвайки от 7, 8, 9, 10, вале, дама, поп, асо купи, после същото с карите и т.н. Ако размесим колодата веднъж, два пъти или три пъти, тя постепенно ще се разбърка. Но това не е вътрешно присъщо свойство на процеса на размесването. Напълно допустимо е при зададената разбъркана колода процесът на размесване точно да анулира ефекта на първото размесване и да възстанови първоначалната подреденост. При все това всеки знае, че протича първият процес, но никога вторият - в действителност ще трябва доста да почакаме, за да се случи такова нещо.

Такава е същината на Болцмановото обяснение на еднопосочния характер на всичко, което става в природата (включително, разбира се, жизненият път на един организъм от раждането до смъртта). Достойнството на това обяснение е, че “стрелата на времето” (както я нарече Едингтън) не е вградена в механизмите на взаимодействие, представено в нашия пример с механичния акт на размесването. Този акт, този механизъм продължава да си остава абсолютно невинен относно всяка идея за минало и бъдеще, той самият е напълно обратим, а “стрелата” – самото понятие за минало и бъдеще – е следствие от статистически разглеждания. В нашия пример с картите идеята е в това, че съществува само едно или много малко на брой подредени разположения на картите, но милиарди и милиарди разбъркани.

При все това теорията е била многократно отричана и понякога от много остроумни хора. Възражението срещу нея се свежда до следното: смята се, че теорията съдържа логически противоречия. А именно, твърди се, че щом основните механизми не правят разлика между двете посоки на времето, а са свършено симетрични спрямо тях, тогава как от тяхното съвместно действие би се получило такова поведение на цялото, т.е. интегрално поведение, което е силно ориентирано в една посока? Онова, което се стреми към тази посока, би трябвало да се стреми също и в обратната посока.

Ако този аргумент е валиден, той като че ли ще се окаже фатален. Защото той е прицелен в самата точка, която се е смятала за главно достойнство на теорията: да изведе необратими събития от обратими базови механизми.

Аргументът е съвършено валиден, но при все това не е фатален. Той е валиден, когато твърди, че каквото е в сила за една посока, ще бъде в сила и за обратната посока на времето, което още от самото начало се въвежда като съвършено симетрична променлива. Но ние не трябва да правим прибързаното заключение, че най-общо аргументът е валиден и за двете посоки. При много внимателна формулировка трябва да кажем, че във всеки конкретен случай той е валиден или за едната, или за другата посока. Към това трябва да прибавим: в конкретния случай на света такъв, какъвто го познаваме, “протичането” (да използвам възприетия израз) става в една посока и именно нея ние наричаме посока от миналото към бъдещето. С други думи на статистическата теория на топлината трябва да се даде правото сама да решава, саморъчно и със своя собствена дефиниция, в коя посока тече времето. (Това е от голямо значение за методологията на физика. Той никога не трябва да въвежда нищо, което по независим начин определя стрелата на времето – иначе красивата Болцманова постройка ще рухне.)



Лудвиг Болцман

Възможно е опасението, че в различни физически системи статистическата дефиниция на времето не винаги би водела до същата посока на времето. Болцман смело посреща тази възможност; той твърди, че ако светът е достатъчно голям по размери и/или съществува достатъчно дълго, времето в действителност би могло да тече в противоположни посоки в отдалечени части на света. Този въпрос е много обсъждан в миналото, но в днешно време едва ли си заслужава да го повдигаме. Болцман не е знаел онова, което днес ние смятаме най-малкото за извънредно вероятно, а именно, че Вселената, такава каквато я познаваме, не е нито достатъчно голяма, нито достатъчно стара, за да породи подобни обръщания в голям мащаб. Ако ми разрешите, бих добавил без подробни пояснения, че в много малък мащаб, както в пространството, така и във времето такива обръщания са били наблюдавани (Брауново движение, Смолуховски).

От моя гледна точка “статистическата теория на времето” е даже от по-голямо значение за философията на времето, отколкото е теорията на относителността. Последната, колкото и да е революционна, оставя незасегнат въпроса за посоката на

времето – такава посока според тази теория няма, докато статистическата теория я конструира от последователността на събитията. Това означава освобождение от тиранията на стария Кронос (‘хронос’ - създател на времената – титан, който поглъщал рождбите си, за да запази властта си над боговете. – *бел. прев.*). Онова, което ние сами построяваме в своя разум, не може, както ми се струва, да има тиранична власт над разума – то няма властта нито да го създаде, нито да го унищожи. Възможно е някои от вас да сметнат това за мистицизъм. Но при цялото признаване на факта, че физическата теория винаги е относителна, защото тя зависи от определени основополагащи предположения, все пак бихме могли, надявам се, да твърдим, че физическата теория в нейното съвременно състояние убедително говори в полза на неразрушимостта на Разума от Времето.

Превод: **Михаил Бушев**

(Erwin Schrödinger. *What is Life? Mind and Matter*. Cambridge University Press, 1998)