

В кн. 1, 2000 г. на “Светът на физиката” публикувахме (със съкращения) статията на акад. Витали Гинзбург “Кои проблеми на физиката и астрофизиката днес изглеждат особено важни и интересни?”. Сега публикуваме “продължението” на тази статия (по понятни причини пак с известни съкращения – за подробности вж. “Успехи физических наук”, 2002, т. 172, № 2, стр. 213-219) на патриарха на руската физика.

ЗА НЯКОЙ УСПЕХИ НА ФИЗИКАТА И АСТРОНОМИЯТА ПРЕЗ ПОСЛЕДНИТЕ ТРИ ГОДИНИ

В. Л. Гинзбург

Публикуваната през 1999 г. статия беше етап по пътя на вече 30 години осъществявания от мен образователен или, ако искате, “педагогически” проект: става дума за излагане и пропагандиране на някакъв “физически минимум”. На вниманието на читателите се предлага “списък” на проблемите, които заемат особено важно място във физиката и астрофизиката през разглеждания период от време. По мое мнение всеки физик трябва да има, макар и повърхностна, но все пак някаква представа за тези проблеми, да знае поне за какво става дума. Съвсем очевидно е, че един такъв “списък” е ограничен и субективен. Очевидно е и че далеч не всички се отнасят със съчувствие към самия “проект”, а още по-малко към моите усилия за неговото реализиране. Но аз нямам предвид нещо задължително – който не се интересува от него, просто няма да прочете съответната статия. Оказва се обаче, че броят на онези, които са я прочели (и продължават да я търсят) в УФН, в преводите ѝ на чужди езици или в Internet е доста голям. (...) Междувременно някои неща в нея остаряха и на мен ми е просто неудобно пред читателите – те не получават най-новата информация. Именно това е причината да напиша настоящата статия. С нея целя да съобщя за успехите във физиката и астрофизиката през последните три години, т.е. след появата на предишната. При това става дума предимно за няколко особено принципни въпроса и то изложени съвсем накратко. (...) Съвсем очевидно е, че беглото изброяване на отделни задачи и резултати има само ограничено значение и ценност. За съжаление такъв подход е неизбежен, когато се опитваш да догонваш бясно препускащ влак – напредъка в науката.

За проблемите на управляемия термоядрен синтез не мога да съобщя нищо по-важно и интересно по същество. Изследванията продължават в достатъчно широк мащаб. Проектът ITER няма да бъде осъществяван в първоначалния му вариант, а е разработен по-евтин, но досега не е избрано даже и мястото, където ще се строи съоръжението. Мощната “машина” за осъществяване на “лазерния” термоядрен синтез също още не е стъпила на стартовата площадка.

В областта на изследванията на високотемпературните свръхпроводници (ВТСП) някакъв важен напредък не е настъпил, но са получени голям брой съществени, би могло да се каже многообещаващи, резултати. Всред тях трябва да споменем изследванията на “псевдопроцепи” и най-вече легирането в медни съединения, но не чрез въвеждане на примеси на кислород, а в резултат на прилагане на електрично поле и по този начин въвеждане в образците на електрони и дупки. Механизмът на получаване на ВТСП в медни съединения остава неясен. Голямо внимание вече доста години привлича възможността за ВТСП в тези съединения (и в някои други вещества) моделът на ферми-течността да е неприложим, въпреки че той прекрасно описва процесите на пренос в голяма част от металите. Във връзка с това особено интересни са резултатите, публикувани към края на 2001 г., свидетелстващи, че в медните съединения “елементарните възбуждания”, пренасящи ток и топлина, достатъчно съществено се различават от електроните и дупките. За мен обаче остана неясна ролята

на присъстващото в тези експерименти силно магнитно поле. Без съмнение опитите би трябвало да бъдат (и ще бъдат!) повторени и задълбочено анализирани. Ще добавя, че при това е интересно да се изучат и термоелектричните ефекти. Главният проблем в областта на изучаване на свръхпроводимостта е, разбира се, възможността за създаване на свръхпроводници при стайна температура. Но този въпрос засега остава напълно открит. Интуицията ми казва, че това е възможно.

По отношение на проблемите, свързани с хетероструктурите в полупроводници, с квантовите ями и точки, с преходите метал-диелектрик и с вълните на зарядова и спинова плътност, покрай тривиалната забележка за бурното развитие в тези области мога да посоча появата на “спинтрониката” (spintronics). Става дума за това, че до неотдавна в електрониката (конкретно в полупроводниковата) се разглеждаше практически само движението на зарядите (електрони и дупки), а спиновите променливи бяха игнорирани и оставаха в сянка. Днес на спиновите носители се отделя голямо внимание, като те стават обект на специално изучаване.

Що се отнася до фазовите преходи от втори род и сходните с тях (охлаждане до свръхниски температури, Бозе-Айнщайнова кондензация в газове и пр.) - морето е безбрежно! Да спомена само игнорираните доскоро квантови фазови преходи, протичащи при $T = 0$, например при изменение на налягането. С този интересен квантов преход беше свързан възникналият през последните години “бум” на изследванията на Бозе-Айнщайновото кондензиране в разреждени газове. И този “бум” продължава и беше подгрят с присъждането на Нобелова награда по физика за 2001 г. на трима физици “За осъществяване на Бозе-Айнщайново кондензиране в разреждени газове от алкални метали и за ранни фундаментални изследвания на свойствата на кондензатите”. (Вж. кн. 1, 2002 г. на “Светът на физиката” – бел. прев.)

В различни статии аз съм се изказвал многократно по въпроси за Нобеловите награди по физика. Като отдавам дължимото на тези награди, сега искам да подчертая същественото изменение на характера им, наистина не във всички случаи, станало през последните 2 – 3 десетилетия. Както е известно, първата Нобелова награда по физика е била присъдена през 1901 г. на В. Рънтген за откриването на рентгеновите лъчи. И по-нататък наградата по физика е била присъждана за индивидуалните постижения на лауреат или лауреати (както е известно, според правилата на Нобеловия комитет, наградата се присъжда на не повече от трима души). При това подборът на лауреатите в повечето случаи вероятно е бил доста трудна работа, но все пак конкурсът е бил между теми (открития, постижения) и неголемия брой техни автори, а всъщност често авторът е бил само един човек. Сега обаче доста често изборът на тримата заветни лауреати напомня буквално спортно състезание на лекоатлетическа писта или в плувен басейн. При тези състезания медалите са три, наистина с различна стойност (златен, сребърен и бронзов), докато всичките Нобелови медали са златни. Затова пък при спортните състезания, за които става дума, проблемът се решава с хронометър (впрочем аз не вярвам твърде в реалността на техните измервания с точност до стотна или хилядна от секундите, даже когато се използват фотофиниши или други хитрости). А как да се определи победителят в науката, когато изследванията се провеждат от големи колективи от учени и инженери (а ролята на последните в експерименталните изследвания съвсем не е второстепенна)? Добре знаем, че в редица случаи някои премии и награди се получават просто за “длъжност” – началник отдел, ръководител и въобще “бос”. Те нерядко фигурират в списъка на съавторите в различни публикации, статии, патенти и пр., към реалното съдържание на които имат много съмнително отношение. Разбира се, би било неоснователно и даже оскърбително подобни подозрения да се отнесат и към работата на Нобеловите комитети по наука изцяло. Те се стараят внимателно да анализират голямото количество препоръки от широк кръг

представители на научни общности от целия свят. Например при подбора на лауреати на наградата за 2000 г. Нобеловият комитет по физика е разпратил повече от 2000 запитвания до физици от много страни с молба за предложения за кандидати за наградата. В резултат са били получени около 300 предложения и обикновено в тях има мотивация за номинирания и неговата роля в колектива, ако постижението е резултат на усилията на много автори. Трябва да се отбележи, че предложението на Нобеловия комитет за номиниране на кандидати се съпровожда от настоятелна молба това да става конфиденциално, без да се обсъжда на никакви събрания или научни съвети и т.н. Този призив фактически се пренебрегва и аз зная не малко съответни примери (разбира се, молбата да не се провеждат официални публични обсъждания по неволя се зачита).

Връщайки се на темата за Бозе-Айнщайновото кондензиране, опитите да се наблюдава такова в разреждени газове са били правени и от други автори, но те постигат успех три години след наградените. Доколкото разбирам това е свързано изключително с избора на газа. “Победените” в състезанието са работили с водород, който по ред обективни причини е по-неудобен от алкалните метали, използвани от наградените. Аналогична е била ситуацията например в случая с наградата за 1997 г., присъдена за охлаждане на газове до свръхниски температури и удържането им в капани.

Мисля, че някои съавтори, не получили наградата, се чувстват не съвсем уютно и аналогията с пробягалите дистанцията за стотни от секундата по-бавно от тримата медалисти не е много далеч от действителността. Всичко казано дотук съвсем няма за цел да хвърли сянка върху Нобеловите награди за наука. Искях само да характеризирам ситуацията. Не е излишно това да се знае. Но какво да се прави, такъв е животът, и би било абсурдно да се отменят медалите в спортни състезания, включително и на Олимпийски игри, поради подобни съображения. Това се отнася в още по-голяма степен за Нобеловите награди за наука, защото по своето съдържание и смисъл те са много далеч от спортните състезания. Единственият извод, който искам да направя от казаното, е съветът ми, специално към представителите на средствата за масова информация, да не превръщат Нобеловите награди и лауреатите ѝ в обект на някакъв култ.

Връщайки се към науката, ще се спра на проблемите на фероторите. Във физиката са добре известни вещества, притежаващи спонтанен магнетизъм M_s (феромагнетици) и спонтанна електрична поляризация P_s (пироелектрици, към които се отнасят и сегнетоелектриците, наричани също фероелектрици). По-малко популярни са, макар и известни от доста години, фероторите – вещества, притежаващи спонтанен тороидален момент T_s (по-точно – плътност на тороидалния момент). Никакви по-ярки резултати, свързани с изучаването на фероторите до този момент не са получени, но те се изучават усилено. Основните надежди са свързани с установяването на свръхдиамагнетизъм при тях.

Вниманието към фулерените и особено към нанотръбичките продължава да нараства. Трябва да спомена прехода към изследвания на атосекундните импулси ($1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$) и за създаването на атомния “наноскоп”, позволяващ изучаването чрез светлина на отделни атоми. Ще се огранича да спомена, че има и нови постижения в областта на сравнително дългоживеещото ядро със $Z = 114$, на кварк-глюонната плазма, и въобще на “екзотиката в света на елементарните частици”.

За никакви нови фундаментални постижения в областта на физиката на елементарните частици, ако не говорим специално за неутриното, през последните години не е съобщавано. Това очевидно се дължи на факта, че “каймакът” от резултатите, получени със съществуващите ускорители, вече е “обран”, а Големият адронен ускорител (*Large Hadron Collider*) ще влезе в действие едва през 2006 - 2007 г. (С този ускорител ще се достигне енергия от 14 TeV в система на центъра на масите на

нуклоните.) Впрочем, при по-добър шанс, могат да се очакват нови резултати и от някои от реконструиранияте “стари” ускорители, например от “Фермилаб” в Батавия, САЩ.

В “моя списък”, между другите проблеми, фигурира и този за фундаменталната дължина. В статията си от преди три години аз почти се извинявам, че съм оставил този проблем в “списъка”, особено актуален преди много години, когато още не беше решен проблемът за пренормирането в квантовата електродинамика. През последното десетилетие най-често се приема, че съществува фундаментална дължина

$$l_g = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}} = 1.6 \cdot 10^{-33} \text{ cm}, \quad (1)$$

фигурираща в космологията и физиката на високите енергии (тук $G = 6.67 \cdot 10^{-8} \text{ cm/g.s}^2$ е гравитационната константа, $\hbar = 1.055 \cdot 10^{-27} \text{ erg.s}$ – планковата константа и $c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}$ – скоростта на светлината; енергията $E_g = \hbar c/l_g \sim 10^{19} \text{ GeV}$, $m_g = E_g/c^2 \sim 10^{-5} \text{ g}$).

Съществуването на още някаква друга фундаментална дължина $l_f > l_g$ се смяташе за малко вероятно, може да се каже, ненужно (дължина $l_f < l_g \sim 10^{-17} \text{ cm}$, където l_g е характерната дължина, за която пространството е добре “опипано” с ускорителите, защото

$$E_{l_g} = (\hbar c/l_g) \approx 1 \text{ TeV}.$$

Но ето че в последно време се появяват статии, в които проблемът за фундаменталната дължина $l_f > l_g$ излиза от сянката и отново става актуален. Работата е там, че отдавна се обсъжда възможността, покрай обикновените за нас в реалния свят три пространствени променливи x , y и z и времевата t да съществуват и по някакъв начин “да работят” и други измерения. Обаче до неотдавна обикновено се предполагаше, че 5-тото и всички останали пространствени измерения се компактифицират (както се казва) до характерен пространствен размер от порядъка на l_g (грубо казано, това значи, че те се свиват в “тръбички” с радиус от порядъка на l_g). Сега започва да се обсъжда възможността едно (а по принцип и повече) от “допълнителните” измерения да се компактифицират не до радиус l_g , а до друг, вероятно значително по-голям, радиус l_c . Този радиус ще играе в известна степен ролята на фундаментална дължина l_f (т.е. $l_c = l_f$). Чел съм статии, в които само за едно допълнително измерение се предполага да има “радиус” $l_c \gg l_g$, при това то оказва влияние на поведението на гравитационното поле. Така появата на дължина l_c може да доведе до изменение в зависимостта на силата на гравитационно притегляне от разстоянието между взаимодействащите тела (частици и пр.). Става дума, разбира се, за това, че нютоновият закон за гравитационната потенциална енергия $\varphi \propto 1/r$ при малки r става по-стръмен (засега е известно, че законът $\varphi \propto 1/r$ е верен при $r \geq 0.01 \text{ cm}$). Убеден съм, че това направление ще бъде в центъра на вниманието на изследванията в обозримо бъдеще.

Да преминем към проблемите, които аз доста условно отнесох към астрофизиката. Тук през последните три години са постигнати най-впечатляващите резултати. Наистина, още преди това, през 1997 г., беше направено голямото откритие – установи се космологичната природа на мощните гама-изригвания. Ще се ограничи със споменаването на гама-изригването GRB000131 с параметър на червеното отместване $z = 4.5$, което означава разстояние от порядъка на $11 \cdot 10^9$ светлинни години. Освен това, трябва да се подчертае, излъчването на гама-изригванията е най-вероятно неизотропно. При това анизотропията е толкова голяма, че оценката за енергоотделянето рязко намаля в сравнение с по-рано обсъжданата при предположението за изотропност на излъчването. Привежда се стойност за енергоотделянето $W \sim 3 \cdot 10^{54} \text{ erg} \sim M_\odot c^2$. Това е

малко повече от характерното енергоотделяне при избухванията на свръхнови. Обаче източникът на космологичните гама-изригвания едва ли е свързан със свръхновите. По-вероятно е например колапс на двойка неутронни звезди, макар че въпросът още не е изяснен.

През 1998 г. беше направено и второто голямо откритие – наблюдаването на неутринни осцилации – и по този начин беше потвърдено, че поне неутрино от един аромат (сорт) има маса, различна от нула. Сега в съществуването на неутринни осцилации няма никакво съмнение и вече е изяснено, че именно тези осцилации са отговорни за загадката в областта на неутринното излъчване на Слънцето. Трябва да отбележа, че именно необходимостта от изясняване на въпроса за неутринното излъчване на Слънцето, заедно с установяването на ускоряващото се разширение на Вселената, както и ролята на “тъмната материя” в космологията, ме накараха да напиша тази статия. Без споменаването на тези две свръхоткрития, картината на съвременното положение във физиката и астрофизиката би останала недописана.

Както беше установено, измерваният поток слънчево неутрино е два-три пъти по-малък от изчисления, съгласно т.нар. Стандартен модел на Слънцето (в който се правят определени предположения за строежа и температурата в централната му част). Опитите да се отстранят противоречията за сметка на изменения в модела на Слънцето (варирайки различни параметри на модела), изглеждащи особено привлекателни за теоретичите (във всеки случай за мен), се очертаваха все по-малко перспективни. Затова на преден план излиза хипотезата за ролята на неутринните осцилации и конкретно за превръщането на част от ν_e -неутрината по пътя от центъра на Слънцето до Земята в ν_μ - и/или в ν_τ -неутрина.

И ето че през 2001 г. тази хипотеза се потвърди блестящо! С подземната установка SNO (*Sudbury Neutrino Observatory*), съдържаща 1000 тона свръхчиста тежка вода (D_2O), беше измерен потокът електронни неутрина с енергии по-големи от 6,75 MeV и той се оказа равен на $(1,75 \pm 0,14) \cdot 10^6 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Такъв поток представлява едва 35 % от изчисления според Стандартния модел. Но комбинирането на тези данни с резултатите, получени с установката Супер-Камиоканде, регистрираща неутрина и от трите типа (ν_e , ν_μ и ν_τ), позволи да се определи пълният поток неутрина, както се казва, от всички аромати (flavours), излъчвани от Слънцето, или по-точно наблюдавани на Земята, но идващи от Слънцето. Този поток се оказа $(5,44 \pm 1) \cdot 10^6 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Тази стойност съвпада прекрасно с теоретично изчислената ($5 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) и потвърждава както верността на Стандартния модел на Слънцето, така и съществуването на неутринни осцилации. Същевременно съществуващите данни ограничават масата на всички видове неутрино на $(2 - 3) \text{ eV}$; това е горната граница, вероятно масите са значително по-малки. Възможният принос на неутринното в масата на тъмната материя, явно, не е голям (става дума най-много за проценти), но точни резултати все още няма. Предстои да се направи немалко, но главната задача или, както е по-правилно да се каже, загадката на неутринното излъчване на Слънцето е решена.

Изминаха не повече от 70 години откакто през 1930 г. В. Паули, с нехарактерна за него плахост, в писмо, адресирано до някакъв физически конгрес, изказа мисълта за съществуването на неутриното. Днес ние имаме цяла област на физиката и астрономията, занимаваща се с тази частица.

Преминавам към второто голямо постижение през последните няколко години, свързано с космологията, строежа и еволюцията на Вселената. Още през 1981 г. беше направена съществена крачка напред по посока на обобщаването, сега вече може да се каже, на класическата релативистична фридманова космология. По-точно, беше предложен инфлационният модел, в който Вселената е близо до “сингулярност”, присъстващ в редица космологични (в това число и във фридмановски) модели,

базиращи се на ОТО, и в който Вселената “се раздува” много бързо. След такава инфлация се приема, че Вселената се развива по фридмановски модел. Наистина самият инфлационен модел е подложен на критика, а и аз не съм специалист, за да навляза в подробности. Но в самото съществуване на инфлационния стадий е трудно да се съмняваме, а сега за нас е важно, че най-новото в космологията е свързано със слединфлационния стадий, по-конкретно с възможната роля на Λ -члена и на “вакуумната материя”. Засега тази “вакуумна материя” се нарича “тъмна енергия” (dark energy) или квинтесенция (quintessence), и се представя като “уравнение на състоянието”:

$$\varepsilon_v = -p_v = c^4 \Lambda / 8\pi G, \quad (2)$$

където p_v е налягането, а Λ е константата, фигурираща в основното уравнение на Айнщайн в ОТО. В случай, че Λ е положителна, а следователно и плътността ε_v , налягането p_v е отрицателно – това съответства на гравитационно отблъскване (антигравитация). Работата е в това, че в ОТО “действащата гравитационна маса” на единица обем е равна на $(\varepsilon + 3p)/c^2$, откъдето следва, че налягането, може да се каже, има тегло. Следователно за уравнението на състоянието (2) при $\varepsilon_v > 0$ (т.е. при $\Lambda > 0$), плътността на “гравитационната маса” е $-2\varepsilon_v/c^2$, т.е. отрицателна (“антигравитация”). С други думи, при отрицателно налягане p , то “работи” против обикновеното гравитационно притегляне. (...)

Трябва да подчертаем, че съществената роля на “тъмната енергия” не предизвиква никакво съмнение. Обаче използването на уравнението за състоянието за нея остава под въпрос.

Астрономията, която днес е неотделима от т.нар. космични изследвания, се развива много бурно. Естествено нейните успехи за последните три години не се ограничават само с гореизложеното. Това се отнася и за гама-астрономията и за изучаването на космичните лъчи със свръхвисоки енергии. Конкретно, заслужава да се отбележи твърдото гама-излъчване от остатъка на свръхновата Cas A. Изобщо продължава детектирането на рентгеновите и гама-фотони от остатъци на различни свръхнови. При това източник на такива фотони са релятивистките електрони, ускорявани в резултат на избухванията на тези звезди.

В Големия адронен колайдър (LHC), който трябва да влезе в строя през 2006 - 2007 г. в ЦЕРН, енергията на протоните във всеки от насрещните снопове ще бъде 7 TeV, т.е. пълната енергия в системата на центъра на масите ще бъде 14 TeV. Това е най-голямата енергия, която ще бъде достигната в лабораторни условия в обозримо бъдеще. Докато протон с енергия $3 \cdot 10^{20}$ eV = $3 \cdot 10^8$ TeV, каквато е най-високата енергия на протони, наблюдавани в космичните лъчи, сблъскащ се с протон от мишена в покой в система на центъра на масите има енергия 400 TeV. Така че космичните лъчи, даже независимо от техния малък интензитет при свръхвисоки енергии, още дълго време ще представляват известен интерес за физиката на високите енергии.

Завършвайки разглеждането на постиженията в областта на астрофизиката и космологията, смятам, че ще бъде неправилно да пренебрегна някои от съществуващите неортодоксални възгледи. Разбира се, както е добре известно, в науката винаги се е водила и се води свободна борба на идеи. При това нередко са се оспорвали общоприети възгледи и теории, както става например и днес с теорията на относителността или с квантовата механика. Що се отнася до тези две велики теории, според мен всички известни ми критични бележки не изглеждат сериозни. Но споменатите неортодоксални схващания в астрофизиката принадлежат на Ф. Хойл и Г. Бербидж, за които не можем да кажем, че са неинформирани дилетанти. А те отричат “Големия взрив” и твърдят, че съществува значително некосмологично червено отместване в спектрите на галактиките. Относно “Големия взрив” не мога да видя ясни

основания за съответната критика, но по въпроса за червеното отместване всичките им аргументи се основават на наблюдавани астрономически данни. Трудно ми е да взема отношение, но много би ми се искало и по този въпрос да се постигне максимална яснота.

В статията ми от преди три години бяха засегнати и три “велики” проблема: въпросът за нарастването на ентропията и “стрелата на времето”, интерпретацията и възможните усъвършенствания на нерелативистичната квантова механика и проблемът за редукионизма – възможността за свеждане, условно казано, на биологията до физиката. За съжаление по тези проблеми не мога да добавя нищо ново. Но, съдейки по литературата, интересът към интерпретацията на квантовата механика не е изчерпан. У нас, в СССР и Русия, дълги години свободното обсъждане на този проблем фактически беше под забрана, а след отмяната на цензурата пак нищо не се случваше, може би по инерция. А всъщност ценността на дискусиите по методологични проблеми на естествознанието е безспорна (поне според мене).

Както беше подчертано още в началото, задачата на настоящата статия е съвсем ограничена: да допълни и “осъвремени” основната ми статия от преди три години, като ударението е сложено на съобщенията за нови реални успехи и резултати. При това понастоящем във физиката и в посветената на нея литература огромно място заемат изучаването и обсъждането на най-различни технически и методически въпроси и най-вече на нови подходи за решаване на многото неясни въпроси. А такива проблеми, при това твърде дълбоки, има доста, особено в областта на физиката на елементарните частици и в космологията, но ги има и във физиката на кондензираното състояние и в някои други области. Но едно са надеждите или, както казваше Ландау, “физ-надеждите”, а съвсем друго – резултатите и реалните постижения. Обсъждането на “физ-надеждите” често съвсем не е по-малко интересно, а в известен смисъл е и по-интересно от това на вече постигнатото. Очевидно в тази статия за “физ-надеждите” беше казано сравнително малко, но се надявам и без това тя да се окаже полезна и да изпълни в някаква степен поставената ѝ задача.

Превод: **Нъшан Ахабабян**

ВЪГЛЕРОДНИ НАНОСТРУКТУРИ В НАНОТЕХНОЛОГИИТЕ

Никола Копринаров, Мариана Константинова
ЦІСЕНЕИ – БАН

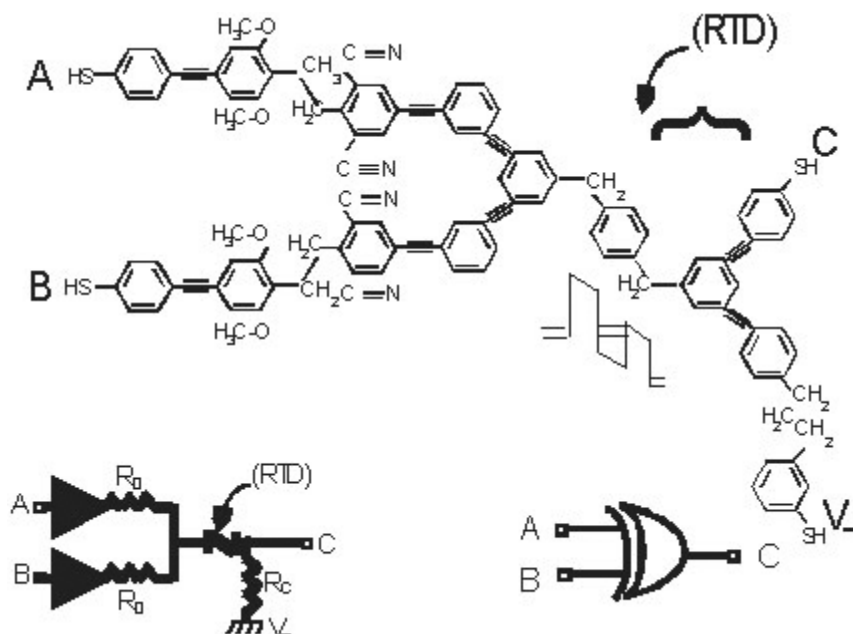
Векове наред нашите сетивни и двигателни органи са определяли една естествена граница на размерност на предметите, с които боравим. Както много малките и леки, така и прекалено големите, тежки и обемисти предмети са били винаги нежелани за ежедневна употреба. Тази причина е обуславяла слабия интерес на хората към намаляването на теглото и размерите на предметите. Нещо повече, в много от случаите размерите на естествено получаващите се малки предмети са били увеличавани, за да стане тяхното използване по-удобно. Едно от малкото изключения през последните векове е увлечението по малките гравюри и смаляването на движещи се механични уреди, играчки и часовници.

В един от основните двигатели за непрекъснатата миниатюризация в последно време се превърна съобщителната техника и най-вече електрониката. Тук резултатите са главозамайващи. Конкурентната борба за увеличаване функционалните възможности на изделията, намаляване разходите за тяхното изработване, количеството на вложените материали, намаляването на консумираната от тях енергия и все по-голямото усъвършенстване с цел мобилност и удобство при използването им, наложиха постоянния стремеж и надпревара в миниатюризацията. През последните 50-60 години това се отразява в двукратно намаляване на размерите на електронните елементи на всеки 18 месеца. Свидетели сме как всяко ново изделие на електрониката, появяващо се на пазара, винаги е с разширени функционални възможности и подобрени параметри.

Отдавна е осъзнато, че намаляването на размерите на каквото и да е изделие, включително и на електронните компоненти и на направените с тях устройства, не може да се постигне с механично намаляване на размерите му. За да се предприеме нов етап на миниатюризация, трябва успоредно с него да бъдат решени и възникващите проблеми. От една страна, те се отнасят до пригодността на машинния парк към новопоставените изисквания, необходимостта от промени в технологиите на самото производство и начина на свързване на новите компоненти. От друга страна, процесът на промяна не може да протича много бързо и е свързан с големи финансови разходи, които изискват всяко изделие да бъде произвеждано най-малкото до възвръщане на предварително вложените в него средства. Независимо от това, че за по-голяма ефективност на миниатюризацията, при нейното прилагане се използват най-новите постижения на измерителната техника, употребяват се материали, химикали и кристали с най-висока чистота и качество и процесите се контролират възможно най-строго, не е възможно да се преминат границите, които се определят от състоянието на другите области на науката и техниката, съпътстващи развитието на този клон и доставящи необходимата му техника и технологии.

За да се преодолеят тези ограничения, много често на помощ идват технически решения, основани на нови принципи. За електрониката това се илюстрира сравнително лесно. Съвремената микроелектроника се гради на базата на полупроводникови кристали и на интегрални методи за обработка на тяхната повърхност. Смята се, че с достигане на размери на компонентите от 100 до 150 нанометра ще се изчерпят напълно възможностите на тези технологии. Например естествените статистически флуктуации при легирането, дефектите в кристалите, неточностите в процесите на обработка, ще доведат до толкова големи отклонения в параметрите на отделните елементи, че те няма да могат да бъдат използвани.

За възможен изход от ситуацията се предлага да бъде създадена електроника на съвършено нова основа. Отдавна вече се работи по проблемите на молекулярната електроника, на спинтрониката, на електрониката на базата на квантови ефекти и т.н. Фиг. 1 илюстрира как според различната проводимост на молекулите могат да се създадат някои активни електронни елементи или логически схеми. Със слизането на ниво молекула, автоматично се намаляват и размерите на компонентите, отпадат въпросите с литографията и обработката, необходима за получаване на съответен елемент. Това обаче не означава, че при всяко ново предложено решение не се появяват проблеми, които в крайна сметка могат да се окажат непреодолими и да изключат неговото внедряване.

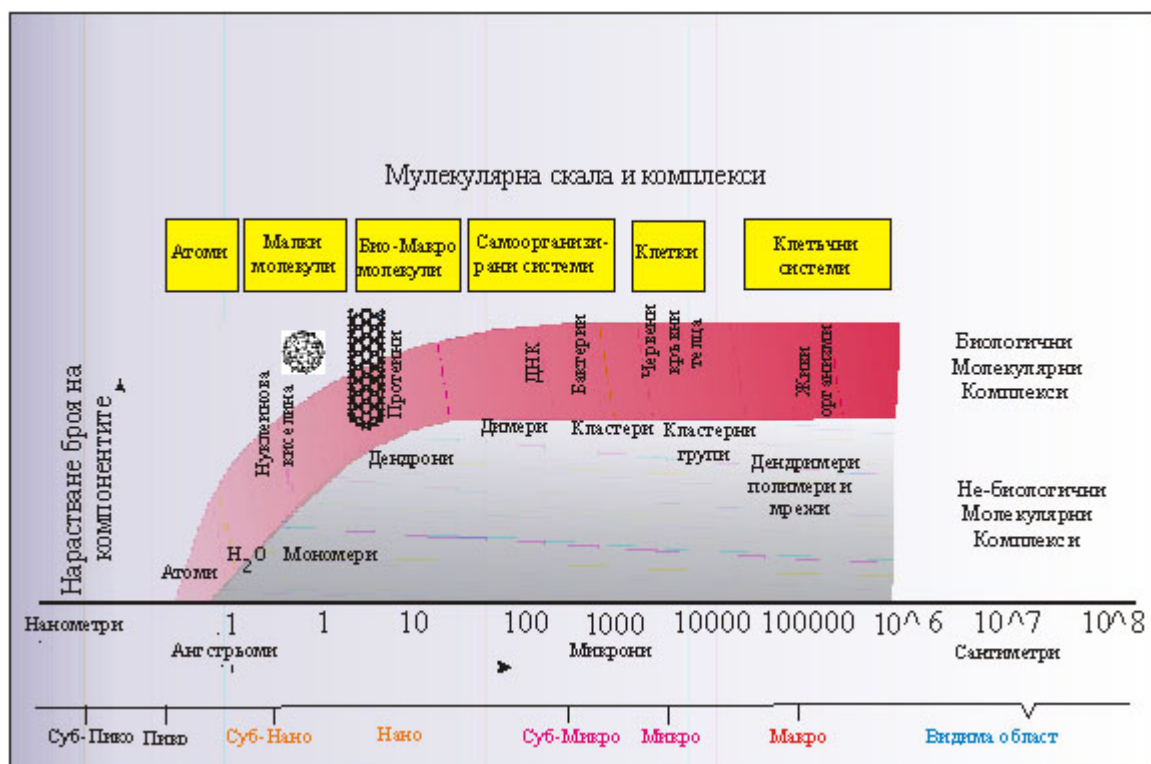


Фиг. 1.

Подобни примери, които показват как естествените потребности, продиктувани от живота, насочват към търсене на нестандартни за момента решения, могат да бъдат посочени и в областта на микробиологията, на генетиката и в други сфери на науката.

За да се разбере по-ясно кои области на техниката, технологиите и човешкото познание се очертават като обект на нанотехнологиите, ще използваме Фиг. 2. На нея е показана скала в нанометри и са показани местата на различни миниатюрни обекти според размерите им. Вижда се, че преобладаващата част от биологичния и генетичния материал, който лежи в основата на микробиологията и генетиката, се намират в областта над 500 nm. Под нея е разположена областта 0,1 - 100 nm, в която попадат молекулите и кластерните образувания.

Може най-общо да се каже, че всички технологии, които се отнасят до получаването, изучаването, манипулирането, групирането и използването на материалите и частиците с размери, лежащи в областта до 100 - 200 nm, попадат 100 % в понятието нанотехнологии.

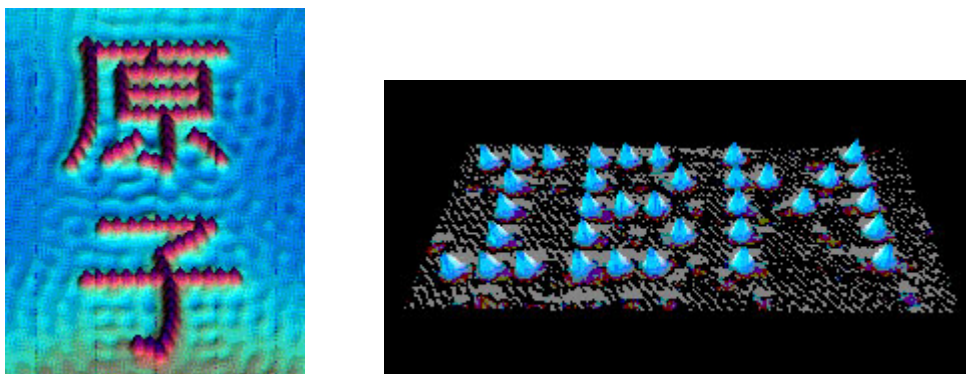


Фиг. 2.

Основната специфика на тези технологии е, че те не са аналогични на технологиите, боравещи с материали в големи количества и размери, познати в ежедневието. Материалите от всекидневната ни практика са най-често подредени периодични структури, в които отделните атоми от един и същи вид са поставени при еднакви условия сред съседите си и проявяват по аналогичен начин свойствата си. Те оформят колективно поведение, което ние сме изучили и използваме. С намаляването на размерите и придвижването към лявата част на скалата от Фиг. 2, влиянието на индивидуалността на всеки атом се проявява все по-силно, за да достигне накрая до доминиращо. Тук квантовият характер на явленията и множеството въздействия, които могат да променят съществено поведението на единичния атом при групирането му с други от еднакъв или различен вид, могат да доведат до създаване на материали със съвсем различни, а понякога и с необичайни свойства. Тази особеност е причина за големия интерес към този нов вид материали и технологии. За да могат тези технологии да се развият и да се създадат нови материали на тяхна база, очевидно ще трябва да се създадат и благоприятни предпоставки за това: развитие на уреди за наблюдение и манипулиране на нанообекти, развитие на познанията за тези обекти, създаване на специалисти, запознати с квантовите явления, способни да мислят по начин, съответстващ на новите постижения на науката.

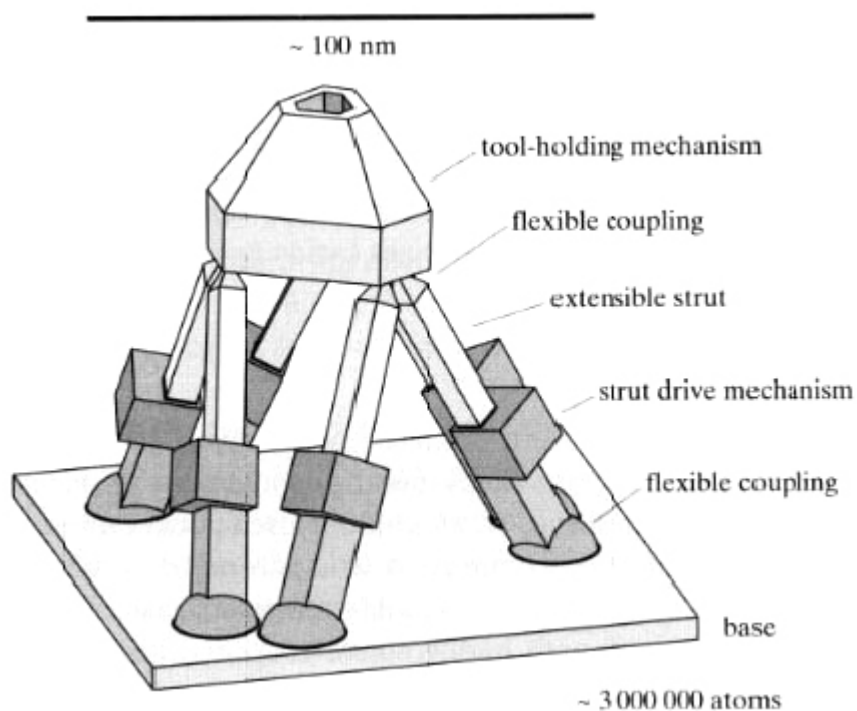
Не е трудно човек да предположи, че най-доброто решение на проблемите, свързани със създаването и използването на нанообектите, би било атомите да могат да бъдат подреждани един по един. В такъв случай би могла не само да се повтори всяка позната досега комбинация от атоми, но да се реализират и онези подреждания, които да доведат до създаване на нови материали. Както трябва да се очаква, проблемите, свързани с манипулирането и подреждането на атоми, не са малко и все още не всички са решени. Нещо повече, дори въпросът, възможна ли е произволна подредба на атоми, е дискуссионен. Едно съществено възражение срещу възможността за произволно подреждане е, че атомите, при приближаването си близо един до друг, се свързват

помежду си. Това означава, че атомът, който искаме да пренесем, трябва да се свърже с устройство, с което да го пренасяме, и когато го поставим до другите атоми, той да се отдели от преносителя си, за да се свърже в новата атомна конфигурация. Решение на проблема учените търсят в използването на помощни повърхности. Тогава свързването на атомите помежду им става върху повърхността (най-често на кристал), върху която те остават постоянно прилепени. Самото преместване на вече захванатите от повърхността атоми е технически възможно и бе демонстрирано от специалистите на IBM с подреждане на Fe атоми върху Si кристали и Xe атоми върху кристали Ni (Фиг. 3). Особено подходящи за линейни подреждания са краищата на атомните равнини на кристалите. За добавяне или отнемане на атоми от повърхност, най-удачно е да се използват молекули, чиито връзки с атома, който трябва да се поставя или маха, са съответно по-слаби или по-силни от връзката на атома с атомите от повърхността.



Фиг. 3.

За да се създаде една структура от повече атоми или набор структури от един и същи вид, е необходимо процесът на подреждане да може да се провежда бързо и точно. Освен това, за да се създаде материал, имащ практическа стойност, е необходимо броят на подредените атоми в него да бъде огромен. Това отдавна породило идеята за създаване на микророботи, способни да извършват атомни подреждания, да се самовъзпроизвеждат, когато е необходимо и да работят едновременно. Има много идеи как да изглеждат тези роботи (напр. вж. Фиг. 4), как да се конструират, за да имат необходимата точност, която да не се влияе от температурата, как да се програмират и т.н. Поради изключително малките им размери и изискванията за прецизност, самоизграждането им и най-вече точното им самовъзпроизвеждане се явяват неотменимо изискване към тях.



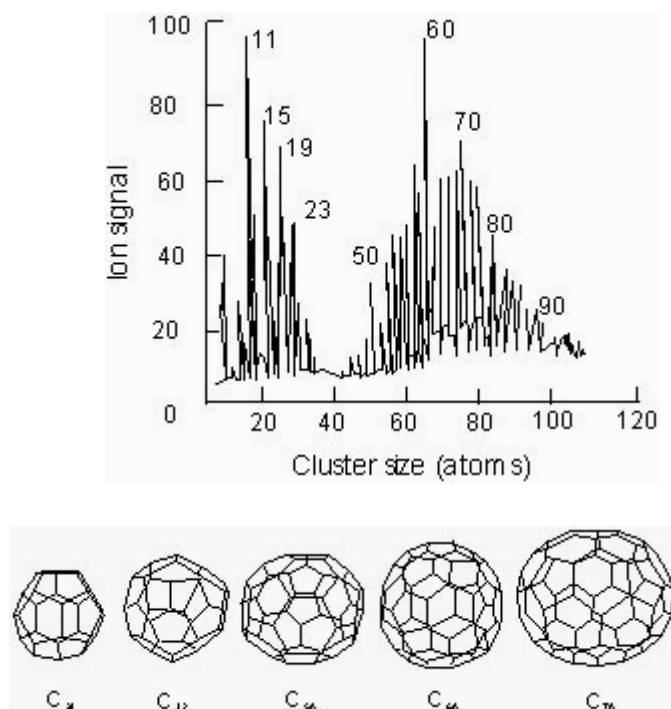
Фиг. 4.

Разработването на технологии за изграждане на всевъзможни обекти с предварително определена структура би могло да има изключително голямо значение и за развитието на редица важни области на човешката цивилизация. Например в медицината могат да се посочат клонове, където такива изкуствено създадени структури или биороботи биха могли да се използват с голяма ефективност. С тяхна помощ се очаква да се осъществят генетични намеси в организма, създаване на биосензори за контрол и наблюдение на процесите в него, дори на равнище клетка, създаване на изкуствени устойчиви тъкани и органи, транспорт и ефективно използване на лекарствени препарати, диагностика и лечение, повишаване на дълголетието чрез подобряване състоянието на имунната система, отстраняване на тумори и т.н.

За да могат биологичните роботи да осъществяват желаните от нас функции в целия организъм едновременно, те очевидно трябва да са много на брой и да притежават възможността за самовъзпроизводство в организма. Тук възникват множество въпроси, които са от огромна важност. Те са и обект на сериозна дискусия в научните среди. За разработките с биологично приложение трябва да може да се гарантира, че няма да бъдат използвани с противохуманна насоченост, че те самите, при възпроизводството им, няма да се изродят така, че да станат опасни и т.н.

Идеален продукт на нанотехнологиите би бил онзи, който може да се получи със 100 % възпроизводимост, който е стабилен и който наистина притежава уникални качества. Един такъв пример могат да бъдат фулереновите структури. Тяхното откриване има следната любопитна история.

В университета в Съсекс, Англия, Walton и неговите колеги R. Eastmond и T. R. Jonson, които работили върху синтеза на въглеродни вериги, през 1976 г. стимулирали изследванията на Kroto върху микровълновото поглъщане в тези вериги. Сравнението на това поглъщане с поглъщането в по-дългите вериги от типа ($\dots \text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv \dots$) с резултатите, познати от радиоастрономията, показали, че аналогично поглъщане има прахът, изпускан от червените гигантски звезди, богати на въглерод. Понеже през 1960 г. е било известно, че въглеродни кластери, имащи до 33 атома, могат да се получат при дъгов разряд, това довело до търсенето на вериги с брой на атомите до 33 и в звездния прах. За целта Kroto обединява усилията си с Robert Curl и Richard Smalley за имитиране на звездната химия. Последните разработват апаратура за получаване на въглеродни кластери с помощта на лазерно изпарение на въглерод от графитна мишена.



Фиг. 5.

Първите изследвания на кластерите, получени по този метод, показали нещо неочаквано – малките кластери са с нечетен брой атоми: 3, 5, 7 ... 23, а по-големите – само с четен брой. Частиците C_n с $n < 30$ са склонни да реагират с N и H и да образуват вериги от типа HC_nN , докато тези с $n > 30$ са реакционно инертни. Същевременно пикът на C_{60} в много от случаите е с явно доминираща големина (Фиг. 5). За обясняване на тези факти е било предположено, че стабилността на кластера C_{60} се дължи на това, че той има пространствено затворена кълбовидна структура, подобна на американската палата от Експо'67 в Монреал, която е била проектирана от Buckminster Fuller. На негово име е наречена новата молекула. Сега всички видове молекули, имащи затворена пространствена структура, носят общото име фулерени.

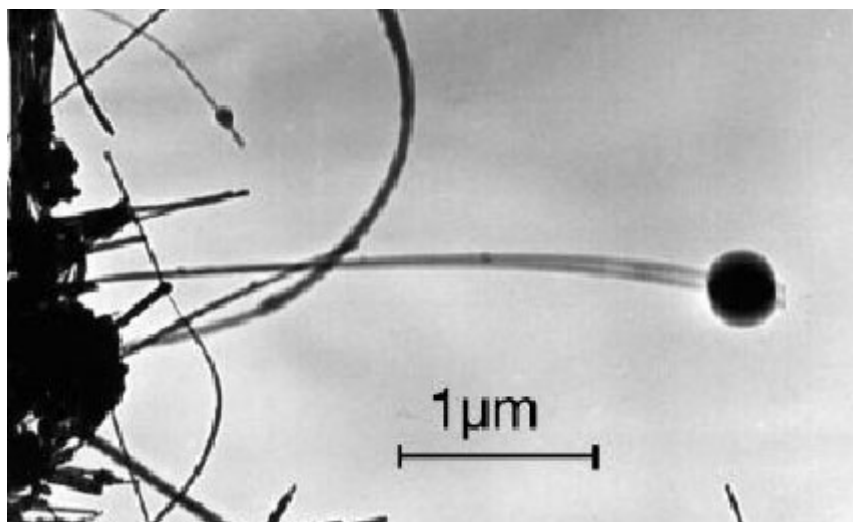
Още първите експерименти показали, че този нов тип въглеродна структура проявява редица изключителни качества (както електрически, така и механически). Те имат полупроводникови свойства, могат да бъдат легирани вътрешно и външно, могат да изграждат кристали, имат голяма механична якост и химическа устойчивост. В зависимост от легирането материалът от C_{60} може да има свойствата на полупроводник, изолатор, проводник или свръхпроводник.

Теоретично не съществува ограничение за броя на атомите, които могат да изградят една фулеренова структура. Единственото правило, което определя дали една структура може да съществува или не, е нейната енергетическа стабилност. Ако върху повърхността на една затворена фулеренова структура продължават да попадат по време на растеж въглеродни атоми, то обикновено възникват многослойни структури, познати като луковични. Те наподобяват руските матрьошки, могат да достигнат много големи размери и да се състоят от стотици слоеве. В тяхната сърцевина понякога се оказват заловени случайно попаднали атоми – както отделни, така и в големи

количества. Чужди атоми могат да бъдат затворени и в най-малките еднослойни фулеренови структури. Например в C_{60} могат да бъдат вградени до 3 атома с по-малък атомен радиус. Тук ще споменем само едно от възможните приложения на фулерените от този тип - това в медицината. Понеже C_{60} е химически много устойчива молекула, не е канцерогенна и преминава през различните органи, тя се използва като капсула за безопасно пренасяне в организма на отровни или радиоактивни вещества за терапия или диагностика. Например с [La@C60](#) се вкарва La при регистриране с протонен магнитен резонанс, а с [Ho@C60](#) се внася радиоактивен Ho за γ -диагностика или за β -терапия.

Графитната равнина освен като сферична може да бъде затворена и като цилиндрична повърхност. Това явление е наблюдавано и описано от японският микроскопист Jijima през 1982 г. Подобно на кълбовидните фулеренови структури, цилиндричните структури, наречени още нанотръбички, също са еднослойни (едностенни) или многослойни (многостенни). Обикновено те са затворени от двете си страни и приличат на пашкули.

Оказва се удобно нанотръбичките да се означават с двойка числа (координати). Те се получават, като за целта графитната равнина, която затваря всяка тръбичка, се наложи в специална координатна система, така че единият ѝ край да лежи в началото на координатната система, а другият се завърта докато неговите координати станат цели числа. Най-общо, според посоката на шестатомните пръстени спрямо оста на тръбичката, те се делят на armchair, zigzag и chiral. Най-интересни свойства притежават спираловидните тръбички (chiral), чиито свойства (напр. ширината на забранената зона) много силно зависят от диаметъра им и двойката числа, които ги характеризират. Очевидно е, че броят на възможните диаметри е неограничен, откъдето следва, че и броят на тръбичките с различни електронни свойства също е неограничен.

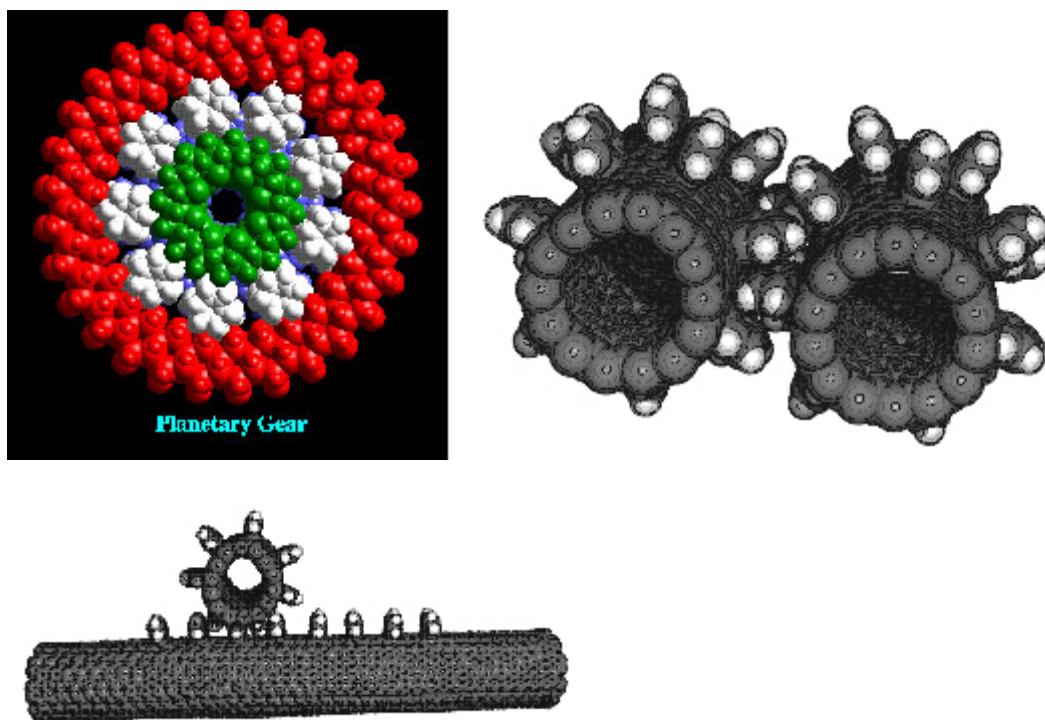


Фиг. 6.

Нанотръбичките са най-здравите нишки, които са познати досега. Те са единствените, които биха издържали, без да се скъсат от собствената си тежест, дори ако можеха да се опънат между Земята и някакъв обект в космоса. Тези нишки вибрират подобно на струна и се огъват под действие на тежест, поставена в края им. Поради това те са най-фината позната досега везна (Фиг. 6).

Както и да бъдат огъвани, нанотръбичките не се чупят, късат или деформират. След премахване на въздействието, те възстановяват изцяло формата си. Затова се използват като остриета в атомни микроскопи, като сонди или много тънки писци.

Всяка деформация на нанотръбичките води до съответно изменение на свойствата им (например до изменение на ширината на забранената им зона), но то трае само докато е налице въздействието. Това е причината много изследователски колективи (например този в IBM) да симулират различни деформации, за да определят как нанотръбичките могат да се използват за датчици на такива въздействия.

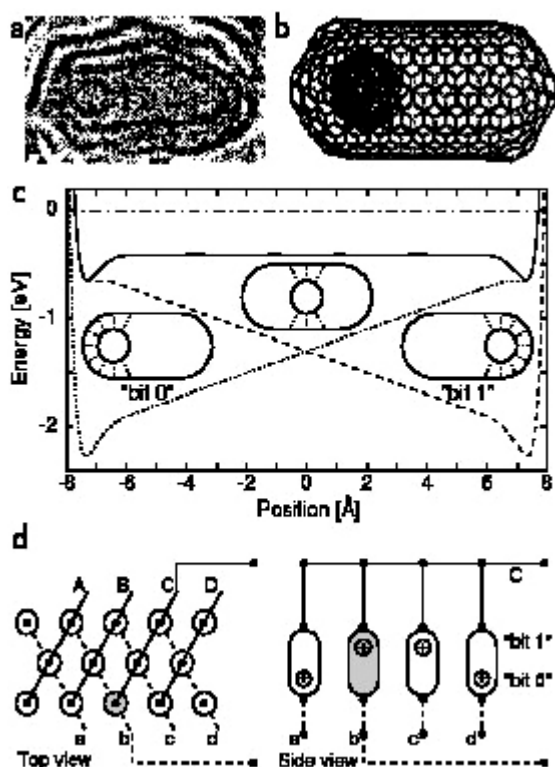


Фиг. 7.

Изменението на свойствата на една нанотръбичка с диаметър 1,5 nm и дължина 50 nm чрез деформиране е позволило на учените от Университета в Делфт, Холандия, да направят най-малкия транзистор. Той може да работи дори само с един електрон и е хиляди пъти по-малък от най-малкия познат досега. Транзистори могат да бъдат направени и чрез кръстосване на нанотръбички с подходящи електронни свойства или по аналогия на полевите транзистори.

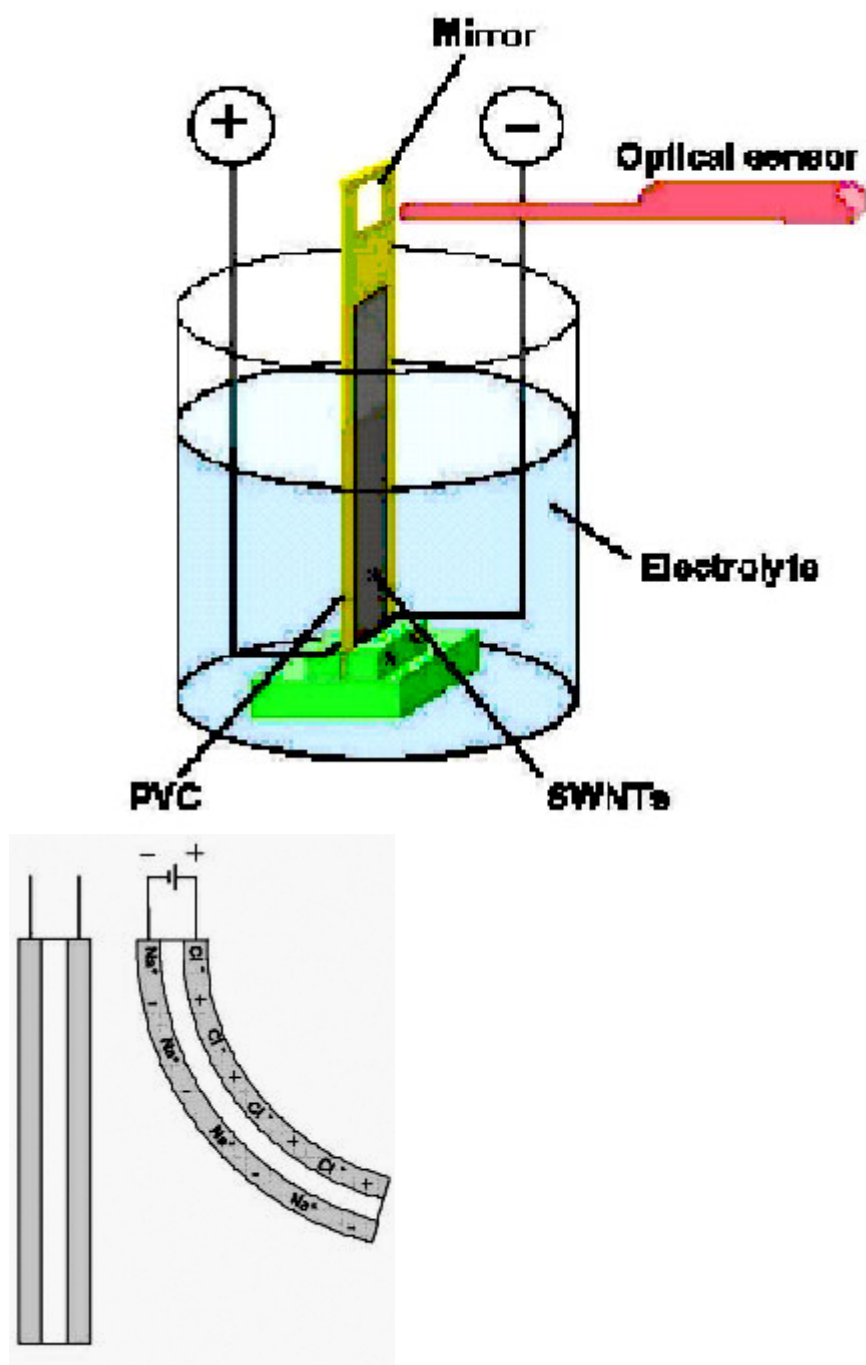
Промяна на реда на подреждане на атомите в нанотръбичката се получава и при промяна на диаметъра на тръбичката, при съединяване на две или повече тръбички, при изкривяване на тръбичката по време на нейното израстване. В зоната, където атомите са нестандартно разположени, се наблюдават необичайни електронни свойства, които могат да се използват и за създаване на електронни елементи – например транзистори и диоди.

Към нанотръбичките могат да бъдат прикачени молекули, така че да се получат образувания, подобни на зъбни колела, червяци, лагери и водещи релси (Фиг. 7). Пресмятанията показват, че те биха могли да работят при много големи натоварвания. При зъбните колела скоростта на въртене би могла да достигне примерно до $5 \cdot 10^{11}$ оборота в секунда.



Фиг. 8.

Развитието на техниките за подреждане на атом по атом върху кристална повърхност и възможността да се контактува с всеки атом поотделно с помощта на нанотръбичка, са предпоставка да се създаде памет с изключително голям капацитет - 10^{15} Bytes/cm². Такава памет, с площ около 2 cm², е равна на паметта на един милион компютри с по 1 GB и на нея може да се запише цялата писмена информация, която човечеството притежава. Създаването на такъв тип памет е залегнало в изследователската програма на NASA. Памети с много голям капацитет и бързодействие могат да бъдат създадени и на базата на вградена C₆₀ молекула, която прескача от едно положение в друго (Фиг. 8), както и на залепяне и отлепяне на нанотръбичките една от друга под действие на приложеното напрежение.



Фиг. 9.

При попадане на електрически заряди върху графитната равнина тя се свива или разтяга в зависимост от знака на зарядите. Същото се отнася и за нанотръбичките, както и за повърхност, покрита с нанотръбички. На този принцип са направени наномеханични уреди (Фиг. 9), служещи за електрически и светлинни прекъсвачи или комутатори.

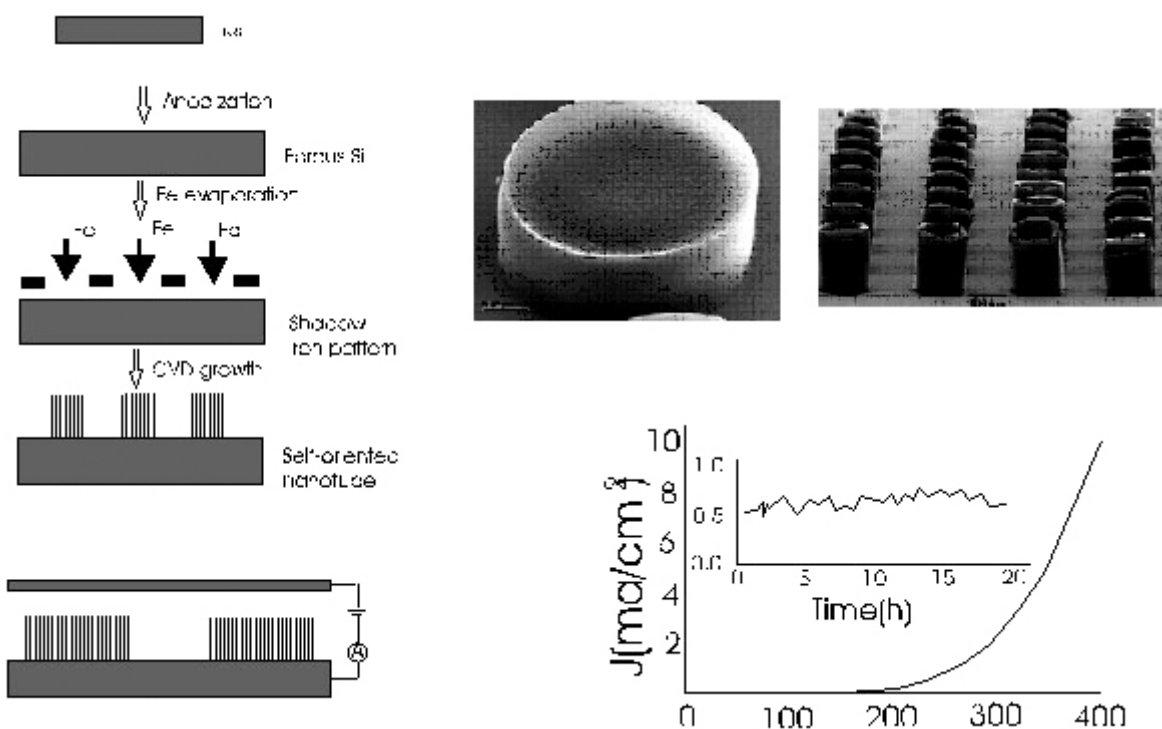
Голямата разгъната повърхност на нанотръбичките и склонността им да адсорбират и десорбират H_2 ги прави потенциални акумулатори на H_2 . В момента такива акумулатори се разработват и ако се постигне капацитет от 7,5 тегловни %, ще стане възможна замяната на бензина като гориво за двигателите с вътрешно горене, с H_2 . Това би имало огромен екологичен ефект.

За нуждите на наномеханичните системи биха могли да се създадат и нанодвигатели, състоящи се от две нанотръбички, въртящи се една в друга при облъчване с подходяща светлина от лазер.

В IBM е разработена технология за получаване на пръстеновидни нанотръбички. Проводимостта им се изменя при наличие на магнитно поле и те могат да се използват като сензори за поле. Особен тип въглеродна структура представляват и въжетата от паралелно израсли еднослойни нанотръбички, както и въжетата, получени от слепване на нанотръбичките една с друга.

Вътрешността на тръбичката може да бъде запълнена с различни материали. Така обвивката (тръбичката) и пълнежът в нея дават възможност за създаване на наноматериали с нови свойства - комбинация от свойствата на двете съставки. Материалът в някои нанотръбичката е дори кристализиран и неговите атоми са строго подредени.

Нанотръбичките представляват остриета с много малък диаметър. Това позволява от тях да се емитират електрони с голяма плътност на потока при ниски напрежения. Има вече създадени технологии както за подреждане, така и за израстване на нанотръбичките перпендикулярно на дадена повърхност (Фиг. 10). В момента се разработват плоски телевизионни и компютърни екрани на база на студената емисия от нанотръбички.



Фиг. 10.

Огромните потенциални възможности за приложение на нанотръбичките в различни области и включването им в изследователските програми на водещите в технологично отношение световни фирми, могат да се илюстрират с рекламата на NASA. Това е звездолет, на който всички основни детайли са направени на базата на нанотръбички.

Бел. ред. За нанотехнологиите виж статията на Майкъл Рукс в СФ, 2/02, както и допълнителната библиография на тази тема, предоставена от редактора на превода.

ФЕРМИ И ИЗЯСНЯВАНЕТО НА ПРИРОДАТА НА МАТЕРИЯТА *

Франк Уилчек **



Аз се чувствам поласкан от възможността да се завърна в своята алма матер, за да отдам почит към паметта на Енрико Ферми по случай 100 годишнината от неговото рождение. Ферми винаги е бил един от моите герои, както и мой велик прародител (по линията Ферми → Чу → Грос → Ф.У.). Изпитах радост а и вдъхновение, когато се подготвих да работя върху неговите статии.

Поканен съм да говоря в продължение на половин час за “Приноса на Ферми в съвременната физика”. Без съмнение тази задача изисква безмилостна селекция. След мен други лектори ще разкажат за забележителните постижения на Ферми като преподавател и администратор, така че моята задача очевидно е да опиша неговите непосредствени приноси към научната литература. Но дори и тази формулировка е прекалено широка, ако искам да направя нещо повече от един обикновен каталог. Да правя каталог би било твърде отегчително, а освен това напълно излишно, тъй като Събраните съчинения на Ферми, снабдени с важни коментари от негови сътрудници, са на разположение [1, 2]. Затова аз реших да се опитам да намеря и да следвам някаква водеща нишка, която да ми позволи да обхвана най-важното в трудовете на Ферми. Въпреки че работите на Ферми са изключително разнообразни и винаги насочени към някакъв конкретен проблем, такава нишка не беше никак трудно да се определи. Ферми беше плодовит творец в една област, която според мен представлява най-важното постижение на физиката на 20-ти век: една точна и напълно пригодена за практическо използване теория на материята, основана върху изцяло неинтуитивни понятия, но формулирана във вид на точни и удобни за използване уравнения.

1. Трансформиран атоизъм

Още от времената на Галилей и Нютон основната цел на физиката – рядко формулирана експлицитно, но винаги спазвана на практика – е била да се изведат динамични уравнения, така че при зададена конфигурация на системата в определен момент, да може да се предскаже (определи) нейната конфигурация в други моменти от

време. Описанието на Слънчевата система въз основа на Нютоновата небесна механика е пример за реализацията на тази цел. Тази теория отлично възпроизвежда Кеплеровите закони за движение на планетите, приливите, прецесията на равноденствията и много други неща, но тя не дава никакви априорни сведения например за броя на планетите и на техните лунни, относителните им големина или пък за размерите на орбитите им. Действително, сега вече знаем, други звезди притежават съвсем различни планетни системи. Освен това великите открития от 18-ти и 19-ти век в областта на електричеството, магнетизма и оптиката, изкристализирали в Максвеловите уравнения на електромагнетизма, предоставиха подробно описание на поведението на зададено разпределение на електрични заряди, токове и електрични и магнитни полета, но не и обяснение на това защо трябва да съществуват специфични възпроизводими форми на материята.

Нещо повече, класическата физика по никакъв начин не обяснява съществуването на елементарни градивни частици с определени размери и свойства. И все пак един от най-фундаменталните факти в света на физиката е, че материята е изградена от малко на брой фундаментални частици (напр. електрони, кварки, фотони, глюони), всяка от които се среща в огромен брой идентични екземпляри. Ако това не беше така, нямаше да важат законите на химията, тъй като всеки атом щеше да притежава някакви индивидуални свойства. Напротив, в природата наблюдаваме строго спазваща се еднаквост на свойствата, дори и за обекти, разделени от космически разстояния. Разположението на линиите в спектрите, излъчени от атоми в атмосферата на звезди от далечни галактики, съвпадат с тези, наблюдавани от нас в лабораториите на Земята.

Качествени и полуколичествени доказателства за наличието на някаква форма на атомизъм са съществували още преди много столетия [3]. Лукреций даде поетичен израз на древния атомизъм, а Нютон го възплъти в своята прочута Загадка 31, започваща така:

Изглежда ми вероятно в началото Господ да е създал материята във вид на твърди, масивни и непроницаеми частици с такива размери, с такива свойства и в такива пространствени съотношения, че да са най-подходящи за целите на създателя; и че тези примитивни частици понеже са компактни, са несравнимо по-твърди от всякакви порести тела, съставени от тях - до такава степен твърди, че никога да не се износват или да се разпадат на части; тъй че никаква сила да не е в състояние да раздели това, което Господ сам е съединил в първичния акт на сътворението.

През 19-ти век Далтон, откривайки закона за определените пропорции, постави атомизма в основите на химията. Клаузиус, Максвел и Болцман го използваха при създаването на сполучливи количествени теории за поведението на газовете. Но при всички тези теории свойствата на самите атоми не бяха извеждани, а само използвани в съответствие с допусканията, така че тези теории не представляваха особен напредък спрямо Нютоновата формулировка. По-конкретно, възникнаха следните два основни въпроса:

Въпрос 1: Защо материята е изградена от огромен брой частици, които спадат към малък брой класове? И защо частиците от един клас притежават тъждествени свойства?

Неразличимостта на частиците е толкова характерна и толкова фундаментална за цялата съвременна физична наука, че ние лесно бихме могли да я приемем за даденост. Въпреки това, тя във никакъв случай не е очевидна. Например тя определено

противоречи на едно от основните положения в Лайбницовата метафизика, неговия ”принцип за идентичност на неразличимите”, според който два обекта не могат да се различават само по номера си, а трябва непременно да имат някакви отличаващи ги свойства. Максвел смяташе подобността на отделните молекули за толкова забележителна, че посвети последната част на своята статия за атомите в Енциклопедия Британика – в обем повече от хиляда думи - на този въпрос. Той направи заключението, че:

образуването на молекулата поради това не е явление, принадлежащо на устройството на природата, в която живеем ние ... то трябва да се отнесе не към епохата на образуване на Земята или на Слънчевата система ... а към тази, при която е установен сегашният ред в природата ...

Въпрос 2: Защо съществуват различни класове частици? И защо те съществуват в тези пропорции, а не в други?

Както току що видяхме, и Нютон и Максвел са обмисляли този въпрос, но са преценили, че неговият отговор се намира отвъд хоризонта на физиката.

В края на 20-ти век физиката вече е постигнала решителен напредък по тези въпроси. От наука за “как” тя се е превърнала в наука за “какво”, която отделя важно място на въпроса ”защо”. Построен е качествено нов модел на материята. Елементарните строителни блокчета са систематизирани, уравненията, описващи тяхното поведение, са формулирани точно. Парадоксално, строителните блокчета на нашия трансформиран атомизъм са далеч по-възпроизводими и по-обтекаеми в свойствата си, отколкото класическите атоми.

2. Еднаквото и неразличимото

От гледна точка на класическата физика неразличимостта на електроните (или на другите елементарни частици) е колкото несъществена толкова и необяснима. Ако електроните бяха почти, но не напълно, еднакви, ако например техните маси можеха да се различават с една милиардна част, тогава в съответствие със законите на класическата физика отделните електрони биха се държали по твърде подобен, но все пак не напълно еднакъв начин. И тъй като възможното поведение може да се изменя в произволно малка степен, ние не бихме могли да изключим възможността бъдещите експерименти, проведени с по-голяма точност от тази, която е постижима днес, да установят някакви малки различия между отделните електрони. Наистина изглежда разумно да се допусне, че някакви разлики ще възникнат поради това, че през дългия си житейски път всеки отделен електрон би се износил или изменил по свой индивидуален начин.

Първото указание, че приликата на подобните частици е пълна, дойде от едно просто но твърде дълбоко разсъждение на Джосайя Уилард Гибс в неговия труд върху основите на статистическата механика. То е известно като “парадокс на Гибс” и се състои в следното. Да предположим, че имаме кутия, разделена на две еднакви отделения А и В, и двете пълни с водороден газ при еднаква температура и плътност на газа. Нека предположим, че съществува преграда, разделяща отделенията едно от друго и да допуснем, че сме я отстранили, така че газът от двете отделения се стреми към равновесие. Молекулите, които първоначално са се намирали само в А или само в В, сега биха могли да се намират навсякъде в А + В. И така, понеже изглежда, че възникват много допълнителни възможности за разпределение на молекулите, трябва да се очаква, че ентропията, която е мярка за броя на възможните микросъстояния, ще нарасне. Обаче интуицията, основана на нашия всекидневен опит, подсказва, че

свойствата на газовете в равновесно състояние напълно се определят от техния обем, температура и плътност. Ако тази интуиция е вярна, то в нашия мислен експеримент самият акт на отстраняване на преградата не внася никаква промяна в състоянието на газа и следователно не поражда никаква ентропия. И, действително, точно това се наблюдава при реалните експерименти.

Експерименталната присъда относно парадокса на Гибс има важно значение. Ако можехме да проследим всяка молекула, тогава непременно щяхме да получим допълнителната ентропия, т. нар. ентропия на смесването. Действително, когато се смесват *различни* газове, напр. водород и хелий, *се поражда* ентропия. Доколкото ентропия на смесването не се наблюдава при подобни газове, не може да съществува дори принципно такъв метод, който да позволява да се различат техните молекули. Така ние не можем да изкажем строго твърдение от типа, “молекула 1 е в А, молекула 2 е в А, ..., молекула n е в А”, а само много по-слабото твърдение от типа, “има n молекули в А”. В този уточнен смисъл водородните молекули са не само подобни, дори не само еднакви, но нещо повече – те са неразличими.

Ферми обоснова своята концепция за броенето на състоянията [4] с помощта на една различна, макар и свързана с горната трудност на класическата статистическа механика, а именно нейната неспособност да удовлетвори закона на Нернст. Този закон в чист вид гласи, че ентропията на всеки материал се стреми към нула, когато температурата клони към абсолютната нула. Както и парадоксът на Гибс, този закон показва, че в действителност съществуват далеч по-малко състояния, отколкото са възможни класически и освен това не съществува ентропия на смесването. Поради това Ферми решава да обобщи принципа на Паули за изключването отвъд неговото тясно спектроскопично поле на приложимост в един универсален принцип, валиден не само за електроните, но с амбицията да описва материята изобщо:

Поради това оттук нататък ние ще приемаме, че в нашия газ може да съществува не повече от една молекула с дадени квантови числа: като за квантови числа ще трябва да смятаме не само онези, определящи вътрешните движения на молекулата, но и числата, определящи нейното трансляционно движение.

Забележително е, и може би дори е показателно, че Ферми използва проверените методи на старата квантова теория за оценка на свойствата на своя идеален газ. Той поставя своите молекули в една въображаема плитка хармонична потенциална яма, определя едночастичните енергетични нива посредством квантовото правило на Бор-Зомерфелд и на всяко разпределение на частиците по тези нива приписва по едно състояние на системата. (Разбира се, той не пропуска да отбележи, че резултатите не би трябвало да зависят от конкретните детайли на тази процедура.) Оттук нататък всички стандартни резултати за идеалния газ на Ферми-Дирак могат да бъдат изведени на няколко реда, с помощта на комбинаториката.

Действително, след няколко уводни параграфа статията се превръща в серии от уравнения, придружавани от минимално количество текст от общ вид, “сега нека пресметнем ...” Поради това следната интерполация, макар и кратка, привлича вниманието:

В точката на абсолютната нула нашите газови молекули се подреждат в нещо като многослойна структура, която напомня подреждането на електроните в един многоелектронен атом.

В това можем да видим зачатък на атомния модел на Томас-Ферми [5], който произтича съвсем директно от разглеждането на Ферми на квантовия газ и хвърля

обилна светлина върху някои от свойствата на материята [6]. От друга страна, разбира се, общата схема на фермионите в хармонична потенциална яма е отправна точка за модела на ядрените обвивки, за който ще стане дума по-долу.

Успешната адаптация на теорията на Ферми за идеалния газ към разглеждането на електрони в металите, направено от Зомерфелд, Бете и други, както и многобройните други приложения, напълно доказаха правилността на неговия подход.

3. Първичността на квантовите полета. 1: Свободни полета.

Както вече споменах, броенето на състоянията, направено от Ферми, логически изисква принципната неразличимост на съответните частици. То обаче не обяснява тази неразличимост и поради това неговият успех само заостря фундаменталния проблем, визиран в нашия Въпрос 1. По-дълбокото вникване в този въпрос изисква съображения от друг порядък. То се постига при обединяването на квантовата механика и специалната теория на относителността, в квантовата теория на полето.

Понятието за поле започна да се налага във физиката след работите на Фарадей в средата на деветнадесети век. Неговите концептуални предимства над по-ранната Нютонова схема, състояща се в това да се формулират фундаменталните закони посредством сили, действащи между частиците, се очертават ясно, когато вземем предвид обстоятелството, неизвестно на Нютон (а в този случай и на Фарадей), но фундаментално за специалната теория на относителността, че физичните въздействия се разпространяват със скорости, които не са безкрайни, а са по-малки от някаква гранична стойност. От това следва, че силата, действаща на дадена частица в даден момент не може да се изведе от положенията на другите частици в същия момент, а ще зависи по сложен начин от предишните им положения. Интуитивната представа на Фарадей, че фундаменталните закони на електромагнетизма могат да бъдат изразени най-просто посредством полета, запълващи пространството и времето, беше, разбира се, блестящо потвърдена от математичната теория на Максвел.

Понятието локалност в своята груба форма, според която е възможно да се предскаже поведението на близки обекти, без да се вземат предвид далечните, е важно за научната практика. Експериментаторите – ако не са астролози – са уверени, въз основа на целия си предишен опит, че като се вземат необходимите (обикновено твърде скромни) предпазни мерки за изолиране на експеримента, ще се получат възпроизводими резултати.

Дълбоките и древни исторически корени на понятията за поле и локалност не дават гаранция за приложимостта на тези понятия при екстраполирането им извън обсега на породилата ги опитна практика – в субатомната и квантовата област. За качеството на тази екстраполация трябва да се съди по резултатите. Трябва да се отбележи, че още първите следствия от релативистката квантова теория на полето дават отговор на нашия въпрос 1, при това в неговата строга форма, включваща квантовото броене на състоянията на Ферми.

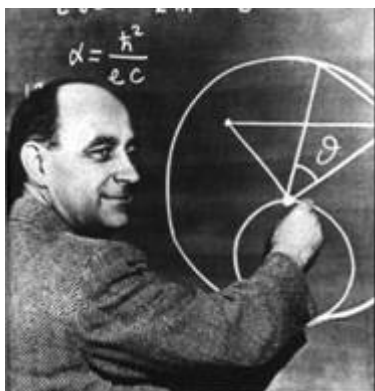
В квантовата теория на полето частиците не са първичната реалност. По-скоро, според изискванията на относителността и локалността, полетата са първичната реалност. Според квантовата теория възбужданията на тези полета се проявяват като дискретни образувания. Именно тези образувания са това, което ние наричаме частици. По такъв начин частиците са породени от полетата. В действителност това, което ние наричаме частици, са просто форми на възникване на нискоенергетични възбуждания на квантовите полета. По такъв начин всички електрони са абсолютно еднакви, защото те са възбуждания на пораждащия ги U_1 – материал (от немски – “праматериал”, бел.

ред.) – електронното поле. Същата логика, разбира се, е валидна за фотоните и за кварките и даже за сложни образувания като атомни ядра, атоми, или молекули.

Изхождайки от неразличимостта на всеки клас елементарни частици и приемайки пълната обменна инвариантност на техните взаимодействия, общите принципи на квантовата механика ни учат, че всяко решение, което принадлежи на определено представяне на съответната група на пермутационна симетрия, запазва тази симетрия с времето. Но законите не ограничават кръга на представянията, които могат да се реализират. Квантовата теория на полето не само обяснява съществуването на неразличими частици и обменната инвариантност на техните взаимодействия, но тя също ограничава кръга на възможните симетрии на решенията. Съществуват две възможности, бозони или фермиони. За бозоните само идентичното представяне има физичен смисъл (симетрични вълнови функции); за фермионите само едномерното нечетно представяне има физичен смисъл (антисиметрични вълнови функции). Съществува също и теоремата за статистика на спинете, според която обекти с цял спин са бозони, а обектите с полуцял спин са фермиони. Фермионите, разбира се, се подчиняват на процедурата на Ферми за броене на състоянията. Фермиони са електроните, протоните, неутроните, кварките и другите заредени лептони и неутрина.

Тук не е мястото да се занимаваме много детайлно с онези положения на квантовата теория на полето, които оправдават твърденията, направени в предходния параграф. Но един кратък евристичен преглед ще бъде от полза.

В класическата физика частиците се движат по определени траектории и тези траектории могат да бъдат проследявани с произволно голяма точност. Така по принцип ние винаги ще знаем къде се намира всяка частица. Следователно класическата физика е несъвместима със строгото понятие за неразличимост на частиците и не може да обясни парадокса на Гибс.



В квантовата теория на неразличимите частици, положението е съвсем различно. Възможните разположения на частиците се описват чрез вълни (т.е. техните вълнови функции). Вълните могат както да се припокриват, така и да се размиват. Поради това, в съответствие с Хайзенберговия принцип на неопределеността, съществува ограничение на точността, с която могат да се проследяват техните траектории. Следователно, когато изчисляваме квантово-механичната амплитуда за протичането на определен процес, е необходимо да сумираме приносите на всички възможни канали, по които той би могъл да протече. Например, за да изчислим амплитудата, при която едно състояние с две неразличими частици от определен вид – нека ги наречем кванти, – разположени в точки x_1 и x_2 в момент t_i , ще еволюират в състояние, при което двата

кванта се намират в точките x_3, x_4 в момент t_j , е необходимо да сумираме приносите от всички възможни траектории на квантите за протеклото време. Тези траектории спадат към две отделни категории. При едната категория квантът, който е бил в x_1 , се придвижва до x_3 , а квантът от x_2 се придвижва в x_4 . При втората категория квантът, който е бил в x_1 , се придвижва до x_4 , а квантът от x_2 се придвижва в x_3 . Понеже (според хипотезата) квантите са неразличими, крайните състояния са еднакви и при двете категории. Поради това, в съответствие с общите принципи на квантовата механика, ние трябва да сумираме амплитудите на тези две категории. Следователно съществуват “директни” и “обменни” добавки към процеса. Съответно, ако имаме не два, а повече кванти, трябва да сумираме всички съставки, включващи произволни пермутации на първоначалните частици.

Тъй като траекториите спадат към различни дискретни класове, можем също да разгледаме възможността сумираните амплитуди да имат своите относителни фактори. Обаче изискването за математическа строгост силно ограничава свободата ни. Трябва да се спазва изискването правилото за умножаване на амплитудите при сумиране по състоянията в междинен момент от време да се съгласува с правилото за окончателната амплитуда. Понеже крайният резултат на двойната обмяна е същият, както при никаква обмяна, ние трябва да използваме такива фактори, че директно $\times$ директно = обменно $\times$ обменно и единствените разумни възможности са директно $\times$ обменно = ± 1 . Те съответстват на бозони (+) и фермиони (-). Изборът на знак определя как интерференчният член между директната и обменната съставки допринася към квадрата на амплитудата, т.е. към вероятността за целия процес. Този избор е жизнено важен при определяне на елементарните взаимодействия даже за краткоживущи, ограничени или неуловими частици като кварки и глюони, чиято равновесна статистическа механика е спорна [7].

4. Централният проблем: Бета разпадане.

Разгледаните по-горе следствия от квантовата теория на полето произтичат от нейната фундаментална “кинематична” структура, независимо от специфичните динамични уравнения. Те доказаха основателността на процедурата на Ферми за броене на състоянията, като я направиха прозрачна и разбираема. Но най-важните приноси на самия Ферми в квантовата теория на полето дойдоха на следващия етап, когато се изясняваха динамичните следствия на тази теория.

Ферми усвояваше квантовата електродинамика посредством разработването на многобройни примери, които използваше в лекциите си. По такъв начин той асимилира и адаптира първоначалната твърде абстрактна формулировка на теорията на Дирак към своя по-конкретен стил на мислене. Неговата обзорна статия [8] е шедевър, който е полезен и приятен за четене дори днес. Той започва така:

Теорията на Дирак за лъчението се основава на една много проста идея; вместо да разглежда атома и радиационното поле, с което той взаимодейства като две отделни системи, той ги третира като една система, чиято енергия е сума от три члена: един, представляващ енергията на атома, втори – електромагнитната енергия на радиационното поле, и един малък член, описващ енергията на взаимодействие между атома и радиационното поле ...

И малко по-долу продължава:

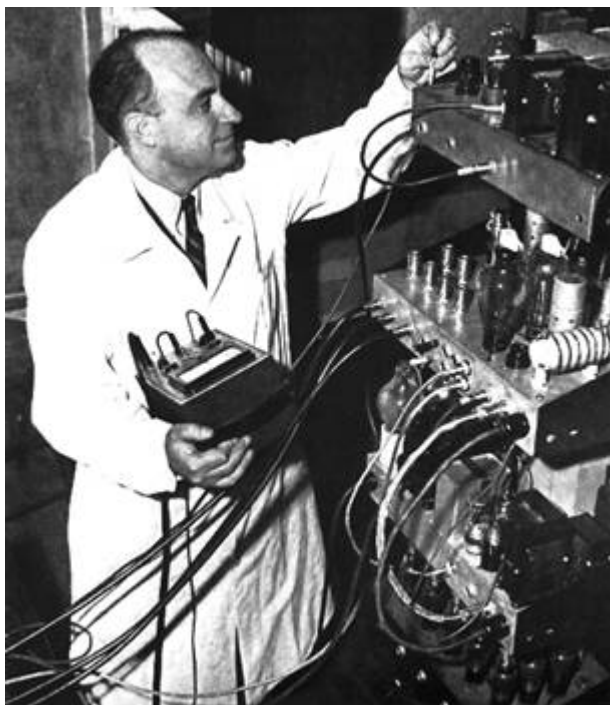
Един много прост пример може да обясни тези съотношения. Нека разгледаме едно махало, което съответства на атома и една трептяща струна в близост до махалото, която представлява радиационното поле ... За да добием механична

представа за този член [на взаимодействие], нека привържем масата M на махалото към една точка A от струната посредством много тънка и еластична нишка a ... Ако периодът на трептене на струната е равен на периода на махалото, имаме резонанс и амплитудата на трептене на махалото нараства значително след известно време. Този процес съответства на поглъщането на лъчение от атома.

Всичко е представено пределно ясно, изхождайки от хармонични осцилатори. Предложени са напълно разработени примери, демонстриращи как формализмът възпроизвежда конкретни експериментални ситуации в пространство-времето, включително Доплеровия ефект и Липмановите ивици в допълнение на процесите на разсейване от “S-матричен” тип, които преобладават в съвременните учебници.

По ирония на съдбата, особено като се има предвид какво предстоеше да се случи, обзорът на Ферми не разглежда систематичното квантуване на електронното поле. Отделни процеси, включващи позитрони, се обсъждат “ad hoc”, предимно следвайки Дираковата теория на дупките.

Днес на нас ни изглежда очевидно, че откриването на неутрона от Чадуик през 1932 г. бележи прехода от древната към класическата ера в ядрената физика. (Доминиращата преди това идея, съзвучна с едно приложение на бръснача на Окам, която сега ни изглежда безразсъдна, беше, че ядрата се състоят от протони и здраво свързани електрони. Разбира се, тази идея е икономична откъм частици, но тя приема без доказателство постулатите на динамиката и среща проблеми с квантовата статистика – N^{14} би се състоял от 21 частици и значи би бил фермион, докато молекулната спектроскопия сочи, че е бозон). По онова време обаче тези неща не бяха така ясни [9].



Най-големите трудности, които поставиха под въпрос валидността на квантовата механика а също и на закона за запазване на енергията при ядрените взаимодействия, се отнасяха до β -разпадането. На пръв поглед резултатите от наблюденията говореха в

полза на процеса $n \rightarrow p + e^-$, при който неутронът се разпада на протон и електрон. Обаче това предполага бозонна статистика за неутрона и тогава възникват същите спектроскопични проблеми, които споменахме по-горе. Нещо повече, наблюдава се нетривиален спектър по енергии на излъчените електрони, което е невъзможно при двучастичково разпадане поради нарушаване закона за запазване на енергията и импулса. В тази ситуация Бор предложил да се откажем от закона за запазване на енергията. Обаче Паули, зачитайки общите принципи на квантовата теория и законите за запазване, изказал предположението, че в действителност разпадането е $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$, като неутралната частица $\bar{\nu}$ се изплъзва от наблюдение.

Ферми измисли термина “неутрино” за частицата на Паули. Всичко започна като шега в разговорите, тъй като на италиански *neutrino* беше умалителното за неутрон (*neutrone*), което подчертаваше контраста между малката неутрална частичка и голямата частица. Тази терминология се утвърди. (В действителност частицата, която възниква при неутронното разпадане днес се нарича антинеутрино.)

И което е още по-важно, Ферми прие идеята на Паули сериозно и буквално и се опита да я приведе напълно в съответствие със специалната теория на относителността и с квантовата механика. Това означаваше да се построи една подходяща квантова теория на полето. След като беше овладял идеите и апарата на квантовата електродинамика и добавяйки към това процедурата на Джордан-Вигнер за квантуване на фермионни полета, той беше готов да създаде квантово-полева теория на β -разпадането. За целта той избра един Хамилтониан от най-простия възможен тип, включващ локални взаимодействия на четирите участващи полета, по едно за всяка частица, която се ражда или се унищожава. Както Ферми отбелязва, съществуват различни възможности за комбиниране на спинорите, за да се получи Лоренцово-инвариантен израз. След това той изчислява електронния емисионен спектър, отчитайки възможното влияние на ненулевата маса на неутрино.

Не след дълго започна да става ясно, че тези идеи успешно обясняват огромен брой данни върху ядрените β -разпадания изобщо. През следващите 40 години те представляваха солидна основа на теорията на слабите взаимодействия и до днес остават най-полезното работно описание за една голяма област от ядрената физика и физиката на частиците. Най-важните усъвършенствания, свързани с налагането на калибровъчния принцип, като понятието за универсалност, нарушаването на четността, V-A теорията, както и експерименталното изучаване на самото неутрино – всичко това се основаваше отново на теорията, създадена от Ферми.

5. Първичността на квантовите полета 2:

От локални взаимодействия към частици/полета (реални и виртуални)

Въпреки че работата върху β -разпадането беше специфична и конкретно насочена, тя послужи за основа на много широк кръг направления в квантовата теория на полето. Тя подчертава твърде директната връзка между абстрактните принципи на квантовата теория на взаимодействащите полета и един от най-фундаменталните аспекти на природата – *изобилието на процеси на раждане и унищожаване на частици*.

Локалните взаимодействия включват произведения на полеви оператори в определена точка. Когато полетата се развият в базис по операторите на раждане и унищожаване на отделните моди, се вижда, че тези взаимодействия съответстват на процеси, при които частиците могат да се раждат, да анихилират или да се превръщат в други частици. Разбира се, тази възможност възниква в първичната квантова теория на

полето, квантовата електродинамика, където елементарното взаимодействие се поражда от произведение на електронното поле, неговото ермитово спрегнато и фотонното поле. Процесите на излъчване и поглъщане на фотони от електроните (или позитроните), както и раждането на електрон-позитронна двойка са закодирани в това произведение. Но тъй като излъчването и поглъщането на светлина е толкова разпространено в практиката, а електродинамиката така добре позната в своя класически вариант, това добро съответствие между формалната теория и реалността първоначално не изглеждаше особено впечатляващо. Първото съзнателно използване на потенциала на квантовата теория на полето за описване на процеси на превръщане, беше теорията на Ферми за β -разпадането. Той обърна процедурата, като от наблюдаваните процеси на превръщане на частиците изведе характера на пораждащите ги локални взаимодействия на полетата. Теорията на Ферми разглеждаше раждането и унищожаването не на фотони, а на атомни ядра и електрони (а също и неутрино) – градивните частици на материята. По такъв начин той постави начало на процеса, при който класическият атомизъм, боравещ със стабилни индивидуални обекти, беше заменен от една по-сложна, но по-точна картина. В тази картина неизменни са само полетата, а не отделните обекти, които се пораждат и унищожават от тях.

Този ред на мисли се подкрепя от връзката му с едно друго следствие на квантовата теория на полето, *свързването на сили и взаимодействия с обмяната на частици*. Когато Максвел написал уравненията на електродинамиката, той забелязал, че те позволяват съществуването на електромагнитни вълни дори и при отсъствие на източници. Класическите електрични и магнитни полета заживяха свой самостоятелен живот. Електричните и магнитни сили между заредени частици се обясняват чрез електрични и магнитни полета, породени от всяка от частиците, които въздействат върху другата частица. Посредством съответствието между частици и полета, което се установява в квантовата теория на полето, откритието на Максвел означава съществуване на фотони, а раждането на сили от посредническите полета означава обмяна на виртуални фотони.

Свързването на сили (или по-общо на взаимодействия) с частиците, е обща характеристика на квантовата теория на полето. “Реалните” частици са възбуждания на полето, които е полезно да бъдат разглеждани като независими обекти, главно защото притежават достатъчно дълго време на живот и могат да съществуват пространствено разделени от други възбуждания, така че да можем да ги разглеждаме като носители на маса, енергия, заряд, и т.н. Но в квантовата теория на полето възбужданията могат също да възникват и като кратко живущи флуктуации. Тези флуктуации постоянно се пораждат в това, което обикновено наричаме празно пространство, тъй че физичната представа за вакуум е твърде отдалечена от обикновеното понятие за нищото. Поведението на реалните частици се влияе от техните взаимодействия с тези виртуални флуктуации. Действително, според квантовата теория на полето нищо друго не съществува. Така че наблюдаваните сили трябва да бъдат приписани на флуктуациите на квантовите полета – но тези полета също пораждат възбуждания, т.е. реални частици. Осезаемите частици и техните “виртуални” братовчеди са тъй неделими, както двете страни на една монета. Тази връзка беше използвана от Юкава, за да определи съществуването и масата на пиона по обхвата на действие на ядрените сили. (Юкава започва своята работа с обсъждане на въпроса дали обмяната на виртуални електрони и неутрина в теорията на Ферми за β -разпадането би могла да бъде причината за ядрената сила! След като показва, че тези виртуални частици дават твърде малка сила, той достигна до мисълта за нова частица.) По-късно тази връзка беше използвана и в теорията на електрослабите взаимодействия за извеждане на съществуването, масата и

свойствата на W и Z бозоните, преди да бъдат наблюдавани и в квантовата хромодинамика (КХД) за извеждане съществуването и свойствата на глюонните потоци преди експерименталното им наблюдаване.

Този кръг от идеи, които за мен представляват венеца на физиката на 20-ти век, възникна около теорията на Ферми за β -разпадането. Заглавието на тази статия “Ферми и изясняването на природата на материята” има двойствено значение. Защото най-прекрасното прозрение на Ферми беше именно това, че осъзна единната същност на материята и светлината.

6. Ядрена химия.

Другите големи класове на ядрени превръщания, от съвсем различен вид в сравнение с β -разпадането, са тези, при които не участват лептони. На съвременен език това са процесите, предизвикани от силните и електромагнитните взаимодействия. Това са разбиването на тежки ядра (делене) и съединяването на леки ядра (сливане). Понякога тези процеси се наричат ядрена химия, тъй като те могат да бъдат представени като реорганизация на съществуващите материали – протони и неутрони, подобно на обикновената химия, която се разглежда като пренареждане на електрони и ядра. При тази терминология би било редно да наречем β -разпадането ядрена алхимия.

Ферми е откривател на методиката, която повече от всички други спомогна за експерименталното изучаване на ядрено-химичните процеси. Това е потенциалната способност на бавните неутрони да въздействат върху ядрени мишени. Ферми смяташе това за своето най-голямо откритие. В едно интервю с Чандрасекар, цитирано в [2], той го описва по следния начин:

Сега ще ви разкажа как стигнах до откритието, което смятам за най-важното, което съм направил. Работехме много напрегнато върху неутронноиндуцираната радиоактивност, но получавахме само безсмислени резултати. Веднъж, когато дойдох в лабораторията, ми хрумна да проуча влиянието на парче олово, поставено по пътя на падащите неутрони. Противно на обичая си, този път накарах да обработят много прецизно парчето олово. Но през цялото време нещо не ми харесваше: използвах всякакви извинения, за да отложя поставянето на парчето олово на мястото му. Когато накрая с известна неохота вече се канех да го поставя на мястото му, си казах: “Не, аз всъщност не искам тава парче олово да стои тук; това което искам е парче парафин.” Това стана точно така, неочаквано, без предварително обмисляне. Веднага взех първото попаднало ми парче парафин и го сложих там, където трябваше да стои парчето олово.

Съществуват прекрасни описания на това, как той мобилизирал групата си в Рим да работи с невероятна енергия и удовлетворение върху неговата идея [2].

Тук няма да разказвам тези истории, нито епичната сага за ядрената технология, започнала с разработката на проекта за атомната бомба [10]. Човечеството и досега не може да се справи със заплахите от разрушителния потенциал на ядрените оръжия, а все още далеч не сме се научили пълноценно да оползотворяваме ядрената енергия.

От гледна точка на чистата физика значението на работите на Ферми в областта на ядрената химия е главно в това, че той показва, че въпреки голямата сложност на явленията, ядрата могат да се описват като съставни частици, в които протоните и неутроните, макар и в много близък контакт помежду си, запазват до голяма степен своята индивидуалност и свойства. Тази идея достигна върха на своето развитие в слоестия ядрен модел на Майер и Йенсен [11]. Забележително е, че Ферми беше един от вдъхновителите на работата на Йенсен и в частност обърна внимание върху

важността на спин-орбиталното взаимодействие, което се оказа от решаващо значение. Успехът на Майеровия модел на независимите частици при описване на квантови системи, в който взаимодействията са много силни, послужи като стимулатор на задълбочени работи върху проблема за много тела. Той създаде и интелектуалната основа на кварковия модел.

7. Последни съображения и прозрения.

След откритията в ядрената химия, показали, че различните ядра са изградени от протони и неутрони, и в теорията на β -разпадането, показали как протоните и неутроните могат да се превръщат едни в други, нашият *Въпрос 2* за разбирането строежа на света излезе на преден план. В частност, появи се възможност да се постави научно въпросът за произхода на елементите. Ферми откликна веднага на тази възможност, разкрита от неговите собствени работи. Съвместно с Туркевич той провеждаше задълбочени изследвания върху идеята, предложена от Гамов, че елементите са изградени посредством последователни захващания на неутрони, като се започва от неутрони в първоначално горещата и бързо разширяваща се Вселена. Те правилно определиха основната трудност при тази идея, а именно непреодолимата празнина при атомен номер 5, където не съществува подходящо стабилно ядро. Все пак те можаха да конструират една много пълна и подробна картина за възникването на елементите, придържайки се доста близо до идеята на Гамов. Празнината на Ферми-Туркевич при $A = 5$ се отразява в някои наблюдавани особености на разпределението на елементите, както и в това, че само около 1 % от космическата химия се основава на такива ядра, наречени от астрономите “метали”. Елементите откъд $A = 5$ (с изключение на незначително количество Li^7) са възникнали по различен начин в ядрените реакции на звездите и се разпространяват впоследствие от ветрове или може би посредством някакви допълнителни процеси, като например експлозии на свръхнови. Освен това подходящите начални условия за ядрен синтез в условията на големия взрив, предполагат съществуването на термодинамично равновесие, а не присъствието само на неутрони. Макар и да не достигна да него, Ферми съзираше този обещаващ бряг.

Целият този напредък в наблюдаването, кодирането и даже контролирането на ядрените процеси, се базираше първоначално на експериментална работа. Моделите, използвани за интерпретиране на експерименталните данни, включваха релативистка кинематика и основни принципи на квантовата механика, но не бяха получени от затворена система изходни уравнения. Експерименталните изследвания показват, че взаимодействието между нуклоните при ниски енергии е изключително сложно. То зависи от разстоянието, скоростта и спина по крайно усложнен начин. Бихме могли да параметризираме експерименталните резултати посредством система енергетичнозависими функции – “фазови отмествания”, – но тези функции не водят до някакво разумно опростяване.



Единственият триумф на теорията на високите енергии беше откриването на пиона от Юкава. Тази частица, постулирана в теорията на Юкава - прост закон за локалното взаимодействие - даваше полуколичествено обяснение на далечната опашка на силата. Можеше ли тя даде пълния отговор? Никой не беше в състояние да каже със сигурност – необходимите пресмятания бяха твърде трудоемки.

След 1950 г. основното направление в работите на Ферми се отнасяше до експерименталното изследване на пион-нуклонните взаимодействия. Тези взаимодействия можеше да се очаква да са значително по-прости за интерпретиране, тъй като бяха твърде близки до основната идея на теорията на Юкава. Въпреки това обаче те също се оказаха изключително сложни.

Изправен пред нарастващата сложност на новонаблюдаваните явления, Ферми започна да се съмнява във верността на теорията на Юкава. Никой не беше в състояние точно да оцени следствията от тази теория, но разнообразието от наблюдавани явления правеше твърде съмнително предположението, че би могло да се постигне пълно разбиране на силните взаимодействия въз основа само на три точкови частици - протон, неутрон и пион. А имаше и по-дълбоки причини за съмнение, произтичащи от *Въпрос 2*. Откриването на частицата μ , перспективите за съществуването и на други нови частици, проявяващи се в космичните лъчи (евентуално еволюиращи в нашите К-мезони), както и познатите нуклони, електрони, фотони, плюс неутрина и пиони, свидетелстваха за едно голямо разнообразие от “елементарни” частици. Всички те се превръщаха една в друга по много сложни начини. Би ли могъл да се използва трансформативният аспект на квантовата теория на полето, за да се дефинира един прост базис на това разнообразие – малко на брой действително елементарни градивни блокове?

В една от своите късни теоретични работи, с Янг, Ферми предложи една радикална алтернатива на теорията на Юкава, която би могла да икономиса някои от частиците. Те предположиха, че пионът въобще не е нито фундаментален, нито елементарен, а по-скоро съставна частица и по-точно едно нуклон-антинуклонно свързано състояние. Това беше голяма екстраполация на идеята, стояща в основата на слоестия модел на ядрото. По-нататък те предположиха, че първичното силно взаимодействие е нещо, което днес бихме нарекли четири-фермионно свързване на нуклонните полета. Пионът трябваше да се получи като следствие на това взаимодействие, а теорията на Юкава като приближение – нещо, което днес бихме нарекли теория на ефективното поле. Първичното взаимодействие в теорията на Ферми-Янг е от същия вид взаимодействия като тези в теорията на Ферми за β -разпадането, въпреки че, разбира се, силата на взаимодействието и характерът на участващите полета са съвсем различни. Янг казва следното за тази работа:

Както експлицитно е формулирано в статията, ние нямахме никакви илюзии, че това, което предлагаме, може наистина да съответства на реалността ... Ферми обаче каза, че като студент човек решава проблеми, а като изследовател – поставя въпроси ...

Действително, в своите подробности тяхното предложение не съответства на съвременното разбиране. В частност ние сме се научили да не се смущаваме от изобилието на частици, стига техните полета да имат правилни симетрични съотношения. Но някои от въпросите, които повдигнаха Ферми и Янг – или, бих казал, направленията, които те неявно набелязаха, бяха, както сега се вижда, плодотворни. Преди всичко статията е изцяло разработена на базата на релативистката квантова теория на полето. Нейната цел, в духа на квантовата електродинамика и теорията на

Ферми за β -разпадането, беше по-скоро да се изследват възможностите на тази базова теория, отколкото да се надхвърлят. Например по това време съществуването на антинуклони още не беше установено експериментално. Обаче съществуването на античастици е общо следствие от релативистката квантова теория на полето и се приема почти без възражения. Второ, изграждането на леки частици от много по-тежки компоненти беше една ценна идея. Това е една силна екстраполация на явлението намаляване на масата при голяма свързваща енергия. Днес ние стигаме много по-далеч в тази посока, като свързваме безкрайно тежки (ограничени) кварки и глюони в наблюдаваните силновзаимодействащи частици, включително пиони и нуклони. Трето и най-важно, указаната възможност за принципно подобие в базовия механизъм на силното и слабото взаимодействия, въпреки привидно много различния им характер. Именно съществуването на точно такъв общ механизъм, произхождащ от понятията, които по-късно бяха открити от съавтора на Ферми – теорията на Янг-Милс – е централна характеристика на съвременната теория за материята, т.нар. Стандартен модел.

В една друга от своите по-късни работи, с Паста и Улам [13], Ферми ентусиазирано се вкопчава в нова изследователска област – нововъзникналите възможности за бързи компютърни пресмятания. Със своя инстинкт за границите на неизвестното и на възможното, той реши да преразгледа един класически фундаментален проблем, който беше предмет на една от неговите по-ранни публикации, а именно проблема за прехода към равновесно състояние в една система от много тела. Нормалната работна хипотеза на статистическата механика е, че равновесното състояние е естествено присъщо на всяка сложна система и бързо се достига, освен когато е забранено от някой от законите за запазване. Но точното доказателство на този постулат не е получено и Ферми реши да провери верността му посредством контролирани *числени* експерименти, при които степента на сложност да може да бъде варирана. В частност той разгледа система от различен брой локално свързани нелинейни струни. Резултатът беше изненадващ: Преходът към равновесие далеч не е тривиален; образуват се особени структури - колективни възбуждания, които могат да се запазят безкрайно дълго. Темата за солитоните, която по-късно възникна като огромен и плодотворен клон от науката, беше предсказана в тази работа. А дълбокият, макар и малко неясен, но фундаментален въпрос за едно адекватно разбиране на природата, за това как подредените структури възникват спонтанно по прости и хомогенни закони и от минимално структурирани начални условия, започна неусетно да излиза на преден план.

Съвсем не случайно същата математична структура – локално свързани нелинейни осцилатори – лежи в основата на релативистката квантова теория на полето. Действително, както видяхме Ферми разглеждаше въпроса по този начин още от самото начало. В съвременната КХД възникващите структури са протони, пиони и други адрони, които са добре прикрити в кварковите и глюонните полета “източници”. Числените пресмятания от типа, първоначално въведен от Ферми, и досега остава най-надеждният инструмент за изследване на тези структури.

Очевидно Ферми беше първокласен физик, набелязващ новите плодотворни направления. Когато неговият живот приключи преждевременно, това беше огромна загуба за нашата наука.

8. Ферми като вдъхновение: страст и стил.

Разглеждайки творчеството на Ферми като цяло, човек усеща една особена страст и стил, които са уникални за съвременната физика. Очевидно Ферми обичаше

своя диалог с природата. Той беше способен да откликне на нейните най-дълбоки загадки, като поставя свои собствени въпроси, както е в разгледаните по-горе неговите изследвания, или чрез търпеливо събиране на факти, както е при неговите систематични до крайност експериментални проучвания върху ядрените превръщания и пионната физика. Но той също изпитваше голяма радост от решаването или просто от изясняването на някои по-прости загадки, за което има многобройни примери в литературата.

Ферми се заемаше с разрешаването на амбициозни проблеми на предния фронт на познанието, но винаги с реализъм и скромност. Тези страни на неговия научен стил проявяват в едно от неговите редки “методологични” разсъждения, написано в края на живота му [14]:

Когато за пръв път беше предложена теорията на Юкава, съществуваше реалната надежда, че участващите частици като протони, неутрони и пи-мезони, биха могли да се разглеждат като елементарни частици. Тази надежда все повече се стопява с откриването на много нови елементарни частици.

Трудно е да се каже какъв ще бъде по-нататъшният път. Човек може да прелисти книгите върху методологията (съмнявам се, че много от физиците го правят), където ще види, че първо трябва да се вземат експериментални данни, да се съберат експериментални данни, да се организират експериментални данни, да се започне правенето на работни хипотези, да се направят опити за корелиране и т. н., докато евентуално се оформи някаква закономерност и тогава остава само да се опишат резултатите. Вероятно традиционният научен метод, описан в учебниците, може да се окаже най-полезен при отсъствие на нещо по-добро ...

Разбира се, може да се окаже, че някой ще съумее скоро да даде решение на проблема за мезона и експерименталните резултати ще потвърдят в достатъчна степен теорията, така че да стане ясно на всички, че това е правилната теория. Такива неща са се случвали в миналото. Те могат да се случат отново. Обаче аз не смятам, че можем да разчитаме на това, а трябва да се подготвим за дълга и тежка работа.

Онези от вас, които са запознати с по-нататъшното развитие на проблема за силните взаимодействия, ще осъзнаят колко вярна се оказва прогнозата на Ферми. Дълъг период на експериментални изследвания и постепенното откриване на прости закономерности накрая създадоха основа за извършването на голям интелектуален скок и синтез. Мисля, че този процес щеше да удовлетвори Ферми, но нямаше да го изненада.

Настоящата ситуация във физиката е съвсем различна от тази, в която живя Ферми. След постиженията на 20-ти век не е трудно да бъдеш амбициозен. Започват да изглеждат достижими окончателните въпроси за приключване на фундаменталните динамични закони и за произхода на наблюдаемата Вселена. Примадващи са възможностите на квантовото инженерство и предизвикателството да вникнем в това как могат да се съчетаят фундаменталните частици в сложни системи, например мощни улове. По-трудно е обаче да запазиш реализма си, а оттам и необходимата скромност – с други думи да формулираш важни подвъпроси, които да могат да получат ясен отговор в режим на диалог с Природата. В това изкуство Ферми беше велик майстор и достоен наследник на Галилей.

Литература

- [1] *Collected Works*, 2 volumes, E. Fermi (University of Chicago Press, 1962).
- [2] Друг изключително ценен източник е научната биография *Enrico Fermi, Physicist*, E. Segre (University of Chicago Press, 1970).
- [3] Един достъпен сборник от оригинални източници и полезни коментари е *The World of the Atom*, 2 volumes, ed. H. Boorse and L. Motz (Basic Books, 1966).
- [4] Статии 30 и 31 в [1].
- [5] Статии 43-48 в [1].
- [6] *Thomas-Fermi and Related Theories of Atoms and Molecules*, E. Lieb in *Rev. Mod. Phys.* **53** No. 4, pt. 1, 603-641 (1981).
- [7] Всъщност статистическата механика на кварките и глюоните може да се окаже достъпна при провежданите понастоящем експерименти в RHIC.
- [8] Статия 67 в [1].
- [9] *Inward Bound: Of Matter and Forces in the Physical World*, A. Pais (Oxford, 1986).
- [10] *The Making of the Atomic Bomb*, R. Rhodes (Simon and Schuster, 1986).
- [11] *Elementary Theory of Nuclear Shell Structure*, M. Mayer (Wiley, 1955).
- [12] C. N. Yang, въведение към статия 239 в [1].
- [13] Статия 266 в [1].
- [14] Статия 247 в [1].

Превод: **Светослав Рашев**

* Лекция, с която е открито честването на 100-годишнината на Ферми в Чикаго на 29 септември 2001 г. To be published in *Fermi Remembered*, ed. J. Cronin (University of Chicago Press).

** Център по теоретична физика на Масачузетския технологичен институт, Кеймбридж, МА 02139-4307.

ДОКУМЕНТИ И СПОМЕНИ ЗА СРЕЩАТА НА БОР И ХАЙЗЕНБЕРГ ПРЕЗ 1941 г.

Хелмут Рехенберг

I. Предистория

Две седмици след избухването на войната Вернер Хайзенберг предава в Лайпциг на заминаващия си гост-учен Сатоши Ватанабе едно писмо до Нилс Бор в Копенхаген, в което пише: *“Ти знаеш колко съм натъжен от цялото развитие. В Америка всички виждахме, че това идва. Аз отпътувах обратно, защото принадлежа тук. Ти сигурно ще разбереш това.”* Въпреки нарастващата опасност и Бор остава, докато това е възможно, в своята родина Дания, която бива окупирана от германските войски на 9 април 1940 г. Като експерти по теоретична ядрена физика и двамата вземат участие в секретни военни проекти от противните страни: Още в края на септември 1939 г. Хайзенберг е призван в урановия проект на германското оръжейно ведомство, докато Бор след успешното си бягство от Дания в края на септември 1943 г. попада в американско-британския проект “Манхатън”.

В края на лятото на 1941 г. Хайзенберг заедно със своята лайпцигска група достига до резултата, че подходящо експериментално устройство с природен уранов окис и тежка вода би произвело в промишлен мащаб значително количество енергия. В такава “машина” би било възможно, както той предполага, да се произведе трансуран (подобно на получавания в неголеми количества изотоп на урана с масово число 235), който да бъде използван и като ядрен експлозив. Хайзенберг загатва за вдъхващите тревога последствия в едно частно писмо: *“Вероятно е хората да разберат един ден, че ние притежаваме фактически мощта да унищожим напълно Земята, че ние по собствена вина можем да предизвикаме със сигурност едно “второ пришествие” или нещо подобно, което е близко до него. Засега обаче е още фантазъмство да се мисли за това”*. В противовес на това в края на 1939 г. Бор стига до извода, че от природната смес от изотопи на урана не би могло да се получи значително количество ядрена енергия.

II. Рамката на посещението на Хайзенберг: “Астрофизичната работна седмица” в Копенхаген (18 - 24 септември 1941 г.)

През септември 1941 г. Хайзенберг получава след години първата възможност да се види пак със своя учител и приятел Бор. След продължителни усилия и преди всичко с помощта на Министерство на външните работи (и на държавния секретар Ернст фон Вайцекер) той получава разрешение да вземе участие в конференция на новосъздадения германски научен институт в Копенхаген. Програмата на конференцията е обхващала доста специални доклади по физика на звездите, които са изнесени от германците Лудвиг Бирман, Ханс Кинле и Карл Фридрих фон Вайцекер, както и от два по-общи доклада от Хайзенберг (“Съвременното състояние на изследванията на космичното лъчение”) и от Кинле (“Излъчване и температура на Слънцето”) за по-широк кръг слушатели. От датска страна участие вземат предимно професорите Елис и Бенгт Шрьомген, както и трима по-млади сътрудници на копенхагенската обсерватория.

Хайзенберг пристига още на 15 септември. Личната си програма той докладва официално на имперското министерство за образование:

16.09. Посещение при Б. Шрьомген в обсерваторията в Копенхаген.

16-18.09. Контакт с физиците в Института по теоретична физика в Университета в Копенхаген.

19.09. Начало на конференцията. Вечерта - доклад върху космичното лъчение (освен астрономите от Копенхаген присъстват и членове на германската колония).

20.09. Заседания на конференцията. На обяд - посещение при германския посланик в Копенхаген.

21.09. Сутринта - заминаване.

В края на своя доклад Хайзенберг подчертава впечатлението си, *“че нашите връзки с научните среди в Скандинавия са много затруднени”,* и още: *“Малцина датски колеги в сегашната ситуация са готови за съвместна научна работа в едни повече или по-малко официални рамки, както те са представени от германския научен институт”.* Стефан Розентал, тогава личен асистент на Бор, потвърждава по-късно оценката, че поканените датски гости, особено сътрудниците на института на Бор, са бойкотирали до голяма степен научните форуми на Германския научен институт (ГНИ). Той си спомня също един аспект на посещението: *“През седмицата на конференцията Хайзенберг дойде няколко пъти на обяд в института. По време на обедите се говореше за състоянието на военните действия. Впечатли ни, че Хайзенберг вярва в германската победа”.*

III. Сведенията от Бор и Хайзенберг за частен разговор

Посещението на Хайзенберг в Копенхаген остава в паметта както на Хайзенберг така и на Бор спомена за един разговор, който двамата водят на четири очи и за истинското съдържание на който те не могат впоследствие да се споразумеят. Наистина за спомена на Бор има сведения само от втора ръка. Най-достоверният, изглежда, произхожда от неговия син Оге и от Стефан Розентал, двамата очевидци на посещението на Хайзенберг. Оге Бор пише: *“В частен разговор с баща ми Хайзенберг зачеква въпроса за военното приложение на атомната енергия. Моят баща е бил много въздържан и е изразил своето съмнение поради големите трудности, които би трябвало да бъдат преодолен, но той остава с впечатлението, че Хайзенберг мисли върху новите възможности, които биха решили войната, ако тя продължи по-дълго”.*

Към последния пункт Розентал отбелязва: *“Аз си спомням само това, че Бор беше много възбуден след разговора и че цитираше Хайзенберг, който бил казал: “Ти трябва да разбереш, че ако участвам в проекта, то аз съм убеден, че това би могло да се направи””.*

Първото потвърждение за спомена на Хайзенберг се съдържа в негов ръкопис от 1948 г. В увода, в който преди всичко се съдържат резултати от германските уранови изследвания, Хайзенберг изтъква желанието си да сподели с Бор обезпокоителните последствия от тези изследвания. След това той се спира на съдържанието на разговора си с Бор и отбелязва:

“Както си спомням, аз започнах този разговор по време на една вечерна разходка с въпрос към Бор, дали той е на мнение, че като физик има моралното право да работи върху практическото използване на атомната енергия. Бор постави контравъпроса, дали аз мисля, че атомната енергия би могла да бъде практически използвана още през тази война. Отговорих: да, аз знам това. Когато забелязах, че това изречение обезпокои твърде много Бор, добавих приблизително следното: отнася се първоначално за използване на енергията в машини, а производството на бомби изисква твърде големи усилия, така че войната ще приключи преди това. Повторих моя въпрос, дали ние германските физици бихме могли или би трябвало да работим върху такива проблеми. За мое учудване Бор отговори, че физиците във всички страни са призвани да работят за войната и срещу това не може нищо да се каже. Бор не се върна повече към този въпрос и аз останах с впечатлението, че той е обезпокоен и не

желае да го дискутира повече с мен. И аз самият бях обезпокоен, понеже не можех да си обясня напълно съдържаността на Бор”.

По-нататък Хайзенберг пише: *“За техническите и научните подробности на нашите уранови работи аз не исках да говоря с Бор, тъй като предполагах, че съм строго наблюдаван в Копенхаген, и не смятах за разумно заради някои научни детайли, които навярно Бор знаеше, да поставям живота му, както и моя, на карта”.* (От тук следва, че трябва напълно да се изключи възможността Хайзенберг да е предал тогава на Бор скица на реактор или на “бомба”.)

По-късните публикации на Хайзенберг, както писма, така и в неговата автобиография “Частта и цялото”, се придържат строго към тези изказвания. Авторът добавя само още един детайл за мястото на разговора, а именно: *“Посетих Нилс в дома му в Карлсберг, но зачехнах опасната тема по време на една разходка вечерта в близост до неговата къща”.* Карл Фридрих фон Вайцекер потвърждава мястото и в общи линии протеклия разговор: *“Десет минути след края на разговора, състоял се на “Дългата линия” в пристанището на Копенхаген, и след като те се бяха разделили приятелски, аз видях Хайзенберг и той ми каза: “Страхувам се, че разговорът претърпя неуспех”*”. Така изглежда, че се уточнява и времето на разговора: той се е състоял една вечер между 17 (датата на пристигането на фон Вайцекер) и 20 септември 1941 г. (преди отпътуването на Хайзенберг).

Според наличните източници сведенията, които Бор и Хайзенберг съобщават за съдържанието на разговора си, не си противоречат. (Никой от двамата не е разказвал неистини, въпреки, че партньорите отдават различно значение на разговора). Двамата потвърждават, че Хайзенберг е загатнал проблема за последствията от урановите изследвания и е съобщил изненадващи и обезпокоителни за Бор неща. Хайзенберг отбелязва освен това *“непонятна за него съдържаност”* на Бор да вникне в поведението на германските физици относно сътрудничество в много актуалните изследвания. В цитирания по-горе ръкопис от 1948 г. той отбелязва: *“Бор ми каза (1947 г.), че в действителност той не е искал да се спира на въпроса за моралното право за работата по урана и че е приел моите думи само като информация за състоянието на работата по урана”.*

IV. Още една версия за разговора или недоразумения?

Руският физик Евгени Файнберг публикува през 1992 г. съобщение за посещението си при Бор в Копенхаген. Той се позовава на бележки от един разговор с Нилс Бор по време на посещението му в Москва през май 1961 г. Тогава Бор казал:

“Хайзенберг ме посети през есента на 1941 г., когато Хитлер беше вече завоювал Франция и когато бързо напредваше в Русия. Хайзенберг искаше да ме убеди, че победата на Хитлер е неизбежна и че би било неразумно да има съмнения в това ... Трябвало да се работи съвместно със създадените от нацистите институти! Аз не можех да му кажа просто “не”. Казах му, че такъв въпрос не мога да реша сам, че трябва да се съветвам с моите сътрудници. От това, което Хайзенберг каза, ние заключихме, че Хитлер ще получи атомното оръжие. Защо иначе победата да е неизбежна?”

За да се отговори на въпроса, дали тези неща са били обсъждани в частен разговор на четири очи, трябва да се вземе под внимание, че е имало срещи на Бор и Хайзенберг и на други места: имало е разговори в института, където са участвали и други сътрудници на Бор и във вилата му в Карлсберг. Частният разговор е протекъл при разходка навън. При разговорите в института, както това потвърждава Розентал, Хайзенберг очевидно е говорил за тогавашните изгледи за войната. Независимо от действителното военно положение той съвсем не би могъл да си позволи на обществено място да говори друго освен, че е убеден в победата на германските

въоръжени сили. Като участник в конференция на ГНИ той е имал, разбира се, указания да покани там сътрудниците на института на Бор – поканата е отправил още при първото си посещение на 16 септември. Хайзенберг е смятал съвместната работа с подкрепяния от външното министерство ГНИ за политически сравнително безобидна; освен това е очаквал от германския посланик в Копенхаген, когото е посетил на 20 септември по обед, помощ за Бор в случай, че той би имал лични трудности с окупационната власт. Фон Вайцекер си спомня по-късно: *“Ние бяхме заедно на гости и в германската легация ... Във всеки случай с посланиците, които бяха близки до кръга на моя баща, можехме да разговаряме без усилия и открито. Изказахме естествено и нашата загриженост за Бор и от страна на посланика получихме уверението, че той е готов да се грижи за Бор, доколкото това би било възможно за тях”*.

Близко до ума е, че при прощалната среща на 20 септември вечерта Хайзенберг е препоръчал на Бор този контакт. Двете неща, изразената увереност в победата и предложената връзка с германската легация, са били решително отхвърлени от Бор, поради което те са оставили особен спомен у него от посещението на Хайзенберг. От тук произлиза недоразумение, почти *“злоупотреба с доверие”* между двамата, което и в бъдеще не е могло да бъде напълно преодоляно.

Хайзенберг, който е желал да остане и да работи в Германия, е бил готов на компромиси с властите на Третия райх, за да постигне добре дефинирани цели (напр. защита на науката и на определени личности). Това принадлежи към неговото *“външно”* политическо поведение, което се различава от неговите *“вътрешни”* лични възгледи. От младежките си години той е бил свикнал да има към истинските си приятели пълно, почти детинско доверие, което обаче е трябвало да почива на взаимност. Поради това не разбира съдържаността на своя близък приятел Бор през 1941 г., докато той от своя страна с изказванията си тогава (не само в Копенхаген, а и по-късно) е оставил странното впечатление, че не е показал ни най-малко нужната способност за разбиране на положението на хората в окупираните страни. В замяна на това Бор и неговият кръг категорично са били решили да отхвърлят дори и най-слабото сътрудничество с официалните германски институции. Хайзенберг си е взел бележка от това становище при своето несполучливо посещение в Копенхаген, въпреки че той по никакъв начин не се е стремил към едно активно сътрудничество на Бор в германския уранов проект или към предотвратяване на една атомна бомба.

Превод: **Роберт Попиц**

(Helmut Rechenberg, *Dokumente und Erinnerungen zum Bohr/Heisenberg-Treffen im Jahr 1941*, статия, публикувана с немския превод на пиесата на Майкъл Фрейн *Kopenhagen*, Wallstein Verlag, Göttingen, 2001)

Забележки:

1. Списъкът на цитираните от автора на статията Х. Рехенберг източници (17) е на разположение на интересуващите се читатели в редакцията на списанието. – *Бел. прев.*
2. Вж. също статиите на акад. Иван Тодоров “Вернер Хайзенберг (1901 - 1976)” (част I - *Светът на физиката*, кн. 1/2002 и част II - *СФ*, кн. 4/2002) и рубриката “Четиво с продължение” в *СФ*, кн. 1-4/2002 - пиесата на Майкъл Фрейн “Копенхаген” - *бел. ред.*

* * *

ПЪРВИЯТ КСЕРОКС

Владимир Фридкин *

Докторът на физико-математическите науки професор Владимир Михайлович Фридкин е известен на читателите на списание “Наука и жизнь” като литератор, автор на увлекателни разкази, включително за А. С. Пушкин и неговото време. (Да съобщим между другото, че издателство “Физматгиз” предвижда да издаде неговата нова книга “Непридуманные рассказы о любви”).

На молбата да напише научно-популярна статия по своята основна специалност – физиката на твърдото тяло, Владимир Михайлович неизменно отговаряше с отказ. Казваше, че за физиката не иска да пише популярно.

Обаче този път той отстъпи от своите принципи. И поводът за това е следното събитие: През май 2002 г. Международният комитет по фотографска наука (International Committee for Imaging Science) награди В. Фридкин с премията Берг за “изключителен принос в развитието на необикновените (безсребърни) фотографски процеси и международното сътрудничество в тази област”. Ксерографията е фотографски процес, основан на чисто физически явления. През 1953 г. В. М. Фридкин, току-що завършил Московския университет, е създал първия ксерокс, а след това е развил теорията на ксерографията. Сега ксерокс има във всяко учреждение и без ксерографията са невъзможни факсимилните връзки и десетки други технологии. А преди петдесет години това е било чудо. И това чудо се е родило в Русия.

По повод на юбилея нашият дълбокоуважаван автор се съгласи да напише първата си научно-популярна статия.

В тази популярна статия искам да разкажа за историята на създаването на първия ксерокс. Още повече, че то е направено в Москва и към тази история аз имам непосредствено отношение. Днес ксерографията е основа на техниката за размножаване. Без нея нямаше да има нито факсове, нито принтери за компютрите.

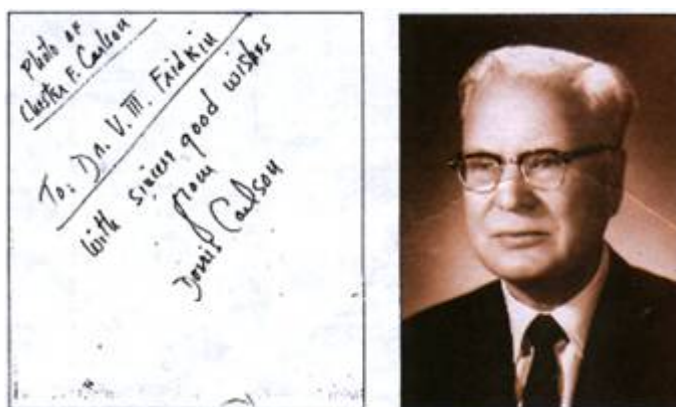
Но трябва да се разказва по реда на нещата. Нали в крайна сметка ксерографията е част от съвременната фотография. Нея често я наричат безсребърна или суха фотография (от гръцката дума “ксерокс” – сух**).

За година на раждането на фотографията се смята 1837 г., когато французинът Жозеф Нисефор Ниепс е получил първото изображение на пластинка, покрита със слой светлочувствителен асфалтов лак и подложена на осветяване. Методът се базира на това, че осветените и неосветените участъци на слоя по различен начин се разтварят в лавандулово масло. Година по-късно Луи Жак Манде Дагер получил фотоизображение върху слой от сребърен йодит. В слоя под действието на светлина протичала фотохимична реакция и възниквало скрито изображение, проявяващо се с живачни пари. Сега тези първи дагеротипи (отпечатыци на Дагер) може да се видят в Шалон, в музея на фотографията, недалеч от Париж. (Фотографията се е родила в годината на гибелта на Пушкин. Затова за негова фотография ние не знаем. Но дагеротипи на неговите деца са известни).

Съвременната сребърно-халогенидна фотография е създадена през 70-те години на 19-и век, когато като фотографски материал започнали да използват слоеве сребърен бромид, чувствителен с молекули на оцветители. Тези молекули поглъщат светлината във видимата спектрална област, което стотици пъти увеличава светлочувствителността на фотографските слоеве. Това открива пътя към създаването на киното и приложението на фотографията в астрофизиката, ядрената физика, физиката на елементарните частици – практически във всички области на науката и техниката. И не само в науката и техниката. Без фотографията не можем да си представим нито сегашния живот, нито съвременната история на човешката цивилизация.

До средата на миналия век фотографията като наука е била част от фотохимията, тъй като и образуването на скрит образ и неговото проявяване се е базирало на фотохимични процеси. Ксерографията е нов фотографски процес, базиращ се на чисто физични явления, използващи фотопроводимостта на полупроводниците. И тук трябва да се разкаже за всичко, което е довело до създаването на първия ксерокс.

Основните събития са станали независимо едно от друго почти едновременно (през 1937 г. и 1938 г.) от двете страни на Атлантическия океан.



Първооткривателят на ксерографията Честър Карлсон (1906-1968). Снимка с автограф, подарена на В. М. Фридкин (1965 г.).

В неголяма стая на хотел “Астория” в Ню-Йорк (Лонг-Айленд) Честър Карлсон (1906-1968), физик, работещ в патентно бюро, направил такъв опит: наелектризирай триене пластинка от поликристална сяра и през заснета филмова лента, я осветил. Сярата е фотопроводник. При осветяването във фотопроводника възникват носители на ток – електрони или дупки. Те разреждат осветените участъци на фотопроводника, поради което след светлинна експозиция на повърхността на сярата се появява скрит образ, образуван от заредени и разреждени участъци. Ако върху такава повърхност се разпръсне прах от заредени пращинки, носещи противоположен заряд, пращинките проявяват образа. За проявяването Карлсон е използвал трибоелектрическият ефект, отдавна известен във физиката. Той смесил прах от минерал и сяра (частиците на които, допирайки се една до друга, се зареждат с противоположни заряди) и го разпръснал върху плочката от сяра. Частиците на червения минерал проявили скрития образ. На повърхността на плочката се появил текст: “Астория”, 22 октомври 1938 г. Тази дата следва да се смята за рожден ден на ксерографията.

Разбира се, в основата на съвременната ксерография лежи усъвършенствувана технология. Фотопроводникът се зарежда не с триене, а с коронен разряд. Също с негова помощ, проявеният образ се пренася на хартия, а след това се фиксира. Като

фотопроводници се използват по-светлочувствителни материали от сярата, например аморфна сплав от селен и телур.

-----***

Малко повече от една година преди това събитие, през юни 1937 г., в “Comptes rendus de l’Academie des Sciences à Paris” се появява съобщение от българския физик Георги Наджаков за откритите от него така наречени фотоелектрети. На заседание на Френската академия на науките работата на Наджаков докладва знаменитият френски физик Пол Ланжвен.



Българският академик Георги Наджаков (1896-1981), откривателят на фотоелектретите.

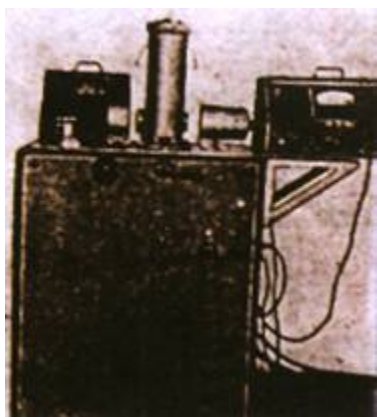
А предисторията на това откритие е следната. През септември 1925 г. в Париж пристига на специализация за една година младият български физик, асистент в Софийския университет, Георги Наджаков. Без никакви препоръки той сам отива при големия френски и световен учен Пол Ланжвен с молба да бъде приет да работи в лабораторията му по електричество във Висшето училище по индустриална физика и химия, на което той е директор. Предлага да работи по фотоелектричен ефект при твърди тела. Въпреки че в лабораторията на Ланжвен не се е работело по тази тематика, той го представя на главния си асистент Рене Люка и на извънредния професор Сафорес, които му осигуряват необходимите апаратура и материали за работа. След завръщането си от Париж в София Георги Наджаков продължава да работи по перманентната поляризация в диелектриците. В резултат на тези изследвания през 1937 г. установява неизвестно по-рано явление, заключаващо се в това, че при едновременно въздействие на електрично поле и светлина върху фотоелектрично проводими диелектрици и полупроводници възниква перманентна поляризация, която се запазва на тъмно и се разрушава при осветяване с протичане на деполяризационен ток. Веществата, при които се наблюдава това явление, нарича фотоелектрети (за разлика от перманентно поляризирани диелектрици, получени през 1920 г. от японския физик Егучи при термично и електрично въздействие, които Наджаков нарича термоелектрети).

Сега механизмът на образуване на фотоелектретите е добре изучен. Той е свързан с локализиране на носители на заряд (електрони и дупки) в дълбоки уловки, което осигурява на поляризацията “дълъг живот”. Интересно съвпадение: и Наджаков и Карлсон като материал при своите изследвания са използвали поликристална сяра.

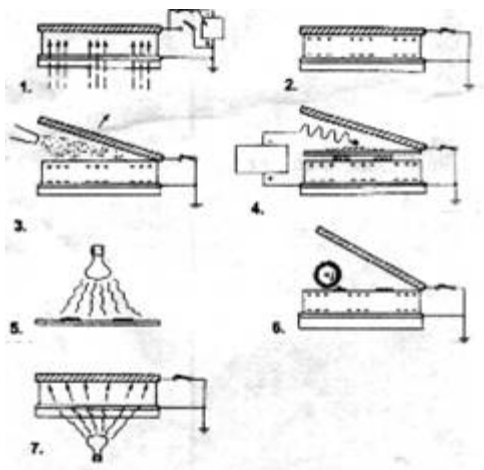
След петнадесет години тези две открития се срещнаха и дадоха живот на първия ксерокс. И тук вече трябва да разкажа за себе си.

Физическия факултет на Московския държавен университет аз завърших през декември 1952 г., когато в страната бушуваше “делото на лекарите”. Завърших с отличие, още като студент публикувах две научни статии. На работа не ме приеха, а майка ми, лекар-хематолог, уволниха от болницата. Нямахме с какво да живеем. Баща ми, загинал във войната, беше полиграфист. Негови приятели ме устройха в НИИ Полиграфмаш: малък институт при завода, приютил се в сгради-развалини зад Текстилният институт. Там имаше няколко конструктора, които чертаеха детайли за полиграфични машини. На физика, както се казва, и не миришеше. Директорът, приятел на баща ми, ме заведе в празна стая, в която имаше маса и два стола, и каза: “Захвани се с нещо. Може би скоро ще поолекне”. Никой още не знаеше, че ще поолекне след две години, след 20-ия партиен конгрес.

Аз не си губех времето. Ходех в Ленинската библиотека, четях списания по физика, купих някои уреди. И тогава съвсем случайно в литературата се натъкнах на статия на Наджаков и на патента на Карлсон. Хрумна ми да осъществя нов фотографски процес (нарекох го електрофотография), в който фотоелектретът да служи за фоточувствителен слой, а проявяването да става с помощта на трибоелектрическият ефект (както при Карлсон). Новият фотографски процес се замисляше още и като метод за създаване на оптична памет, понеже за разлика от процеса при Карлсон, фотоелектретът не само формира, но и запомня образа. Скрытият образ може да се пази достатъчно дълго време и може да бъде проявен дълго след експозицията.



Така е изглеждал ЭФМ-1, първият ксерокс, 1953 г.



Основните стадии на електрофотографията на фотоелектрети: 1 – поляризиране при осветяване (през негатив); 2 – заземяване на електродите; 3 – проявяване; 4 – пренасяне на проявения образ от повърхността на фотоелектрета върху хартия; 5 – фиксиране; 6 – почистване на повърхността; 7 – деполяризиране чрез хомогенно осветяване.

Макет беше направен бързо. Следвайки примера на Наджакон аз използвах поликристална сяра, а след това и други фотопроводници, например цинков и кадмиев сулфид. Проявяването се правеше с асфалтов прах. На снимката читателят може да види първия образ, получен през есента на 1953 г. (за оригинал е използван диапозитив). Скоро в завода беше направен апарат, който нарекохме ЭФМ-1 (електрофотографска размножителна машина). Цифрата “1” явно означаваше, че след първия модел ще последват и други. Този “исторически” апарат е показан на фигурата, заимствана от моя книга, излязла много години по-късно (V. M. Fridkin. *The Physics of the Electrophotographic Process*. Focal Press, London, 1973). Работата му е пояснена от приведената по-рано схема, показана на фигурата.



Първата електрофотография, получена от В. М. Фридкин през есента на 1953 г. (снимка на оригинала). Разликата между ксерографията, принципите на която е разработил Честър Карлсон през 1938 г. и електрофотографията на фотоелектрети (към това направление се е придържал В. Фридкин) се състои в различната природа на скрития образ. В първия случай той живее части от минутата, а във втория - оптичната памет може да се запазва с години. Професор Хартмут Калман от САЩ (1896-1978) е използвал идеята за електрофотография на фотоелектрети и я е внедрил през 60-те години като средство за космическа фотография.

“Цяла Москва” тичаше да гледа електрофотографията. Показвах я в киносалоните и по телевизията. Пристигна министър и в института се състоя съвещание. Обсъждаха какво да се прави по-нататък, как да се внедрява. Във Вилнюс, под ръководството на талантливия инженер и изобретател Иван Йосифович Жилевич, организираха научен център и го нарекоха “Институт по електрофотография” (дотогава групата на И. И. Жилевич във Вилнюс се смяташе за филиал на нашата лаборатория). В Кишинев намериха завод, на който наредиха да произвежда ЭФМ (през 1954 г. думата “ксерокс” още не беше влязла в употреба, а самият ксерокс се появи на западния пазар в края на 50-те години).

Много години по-късно разбрах, че в САЩ, в компанията “Халоид” (по-късно преименувана на “Ксерокс”), по това време са започнали да се появяват първите модели на ксерокс машини. Но, както вече казах, тяхната работа се основава на друг принцип.

Директорът на моя институт се къпеше в лъчи от слава: “Ето, виждаш ли, казваше той, аз ти предсказвах ...”



Академик Алексей Василевич Шубников (1887-1970) – известен руски кристалограф, основател на Института по кристалография на АН в Русия, учител и наставник на В. М. Фридкин.

През 1955 г. академик Алексей Василевич Шубников, директор на Института по кристалография (където аз работя и сега), ме покани за аспирант. Заинтересува го темата за фотоелектретите. Под непосредственото ръководство на професор И. С. Желудев направих дисертация на тема “Фотоелектрети и електрофотографски процес”. Измени се не само времето, но и мястото на моята работа: академичен институт, богата лаборатория и библиотека, условия за творческа работа. Веднъж Алексей Василевич ми предложи да разкажа за моята работа на семинара на П. Л. Капица – в “капишника”, и Петър Леонидович много топло се отзова за работата, като й предсказа голямо бъдеще.



Честър Карлсон и В. М. Фридкин (вдясно) в Института по кристалография на РАН (АН на Русия) (1965 г.) (една от първите електрофотографии, заснети от натура).



В лабораторията на НИИПолиграфмаш. Отдясно наляво: И. С. Желудев, Георги Наджаков, Х. Билялетдинов, Т. Герасимова, В. М. Фридкин, А. А. Делова, Никифор Кашукеев (сътрудник на Наджаков) (1956 г.).

Работейки в Академията на науките, аз бях свързан и с външния свят. Оказа се, че Георги Наджаков, първооткривателят на фотоелектретите, е станал зам.-председател на Българската академия на науките, и с него започнахме тясно сътрудничество. През юни 1965 г. нашата лаборатория в Института по кристалография посети Честър Карлсон. Основателят на ксерографията се интересува от моите статии. Заедно ни фотографираха с помощта на електрофотоапарат на фотоелектрет. В края на 50-те години професора от Колумбийския университет Хартмут Калман със сътрудници повтори моите експерименти по електрофотография на фотоелектрети и й намери интересно приложение в космическите изследвания. За това той разказа на колоквиум в Мюнхен, където се срещнахме през 1981 г. За тези работи американското фотографско дружество ме награди с медала Козар, а немското и японското ме избраха за почетен член. Гостувах с доклад и в Института “Мария и Пиер Кюри” в Париж, където някога е работил и Наджаков, когато е започнал работите си по изучаване на фотоелектричния ефект при твърди тела (перманентната поляризация в диелектриците) в лабораторията на Пол Ланжвен.



През 1985 г. В. М. Фридкин прочете доклад в Института "Мария и Пиер Кюри" в Париж за "безсребърната" фотография. Става дума за това, че образ може да се получи с използване на полупроводници. (На снимката отляво надясно: руският учен А. Шленский – руски учен, професор Жак Левинер – директор на института, В. М. Фридкин.) На сградата – паметна плоча в чест на съпрузите Кюри, открили тук през 1898 г. радиоактивността на радия.

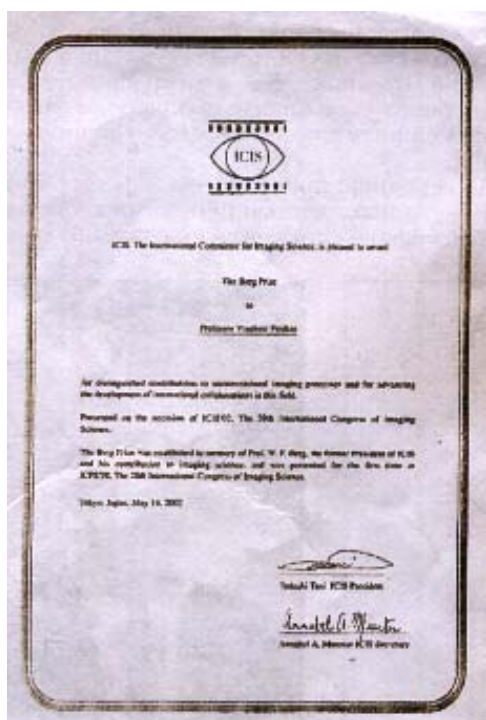


Колоквиум по електрофотография в Мюнхен (1981 г.). Вляво – В. М. Фридкин – създател на първия ксерокс на фотоелектрети. Вдясно – професор Х. Калман,

благодарение на чиито работи ксерографията на фотоелектрети намери приложение в космоса.

През всичките тези години аз не прекъснах връзките си с НИИПолиграфмаш и пренесох своя апарат на новото работно място, въпреки че в началото на 60-те години започнах да се занимавам с друга тематика и ЭФМ напъхахме в отдалечен ъгъл на стаята. По това време ксероксите у нас бяха рядкост. Те се купуваха със западна валута и ги имаше само във важни учреждения. Поставяни бяха в специално охранявани стаи, където срещу разписка големите началници си правеха копия на документи. В нашия институт всеки сътрудник можеше да си направи копие на необходима статия или документ. Но това не продължи дълго.

Както е известно през 60-те години започна борбата със “самиздат”. Ръкописите на А. И. Солженицин и други забранени автори нощем се размножаваха на пишещи машини на тънка цигарена хартия. А при нас ксероксът стои, без да се наглежда! При мен дойдоха от дирекцията и обявиха, че машината трябва да се разглоби и унищожи. Дълго обяснявах, че моята опитна уредба е първият в света ксерокс, работещ по нов принцип. Всичко се оказва безполезно. При Алексей Василиевич не отидох. Ксероксът разглобиха и изхвърлиха на боклука. Но един детайл се запази. Плочката на фотоелектрета имаше огледална повърхност и нашите жени я приспособиха за ползване като огледало в тоалетната. Сапун и тоалетна хартия там не е имало никога, но виж огледало се появи! Така безславно завърши съдбата на първия в света ксерокс.



Международният комитет по фотографски науки награди В. Фридкин (през май 2002 г.) с премията Берг. Тя се връчва веднъж на четири години за изключителен принос в тази област.

Читателят ще запита, а какво стана със завода в Кишинев, с Института по електрофотография във Вилнюс? Къде са съветските ксерокси? Защо ние купувахме и купуваме ксерокси с валута? А да бяха само ксерокси ... Нашата руска наука в много области беше и е начело на световния прогрес. Но и до днес не продаваме изделия на

високите технологии и се храним от нефтената “тръба”. Защо? На този въпрос нека си отговори читателят.

Превод: **Елка Наджакова**

(“Наука и живот” № 10, 2002, 111-115)

* Проф. В. М. Фридкин е известен на физическата общественост у нас още от втората половина на 50-те години на миналия век със сътрудничеството си с Физическия институт и по-късно с ИФТТ при БАН и главно с продължаване и развиване на изследванията по фотоелектретното състояние на веществата, открито от акад. Г. Наджаков през 1937 г. и записано в регистъра за откритията в България през 1975 г. под № 1. Негови постижения са теоретични и експериментални изследвания в тази област и откриване и развитие на електрофотографията на базата на фотоелектретното състояние на веществата - *Бел. прев.*

** Всъщност думата, която на гръцки означава сух, твърд, здрав, безводен и т.н. се записва като *χερσος* и се чете “херсос” – *Бел. ред.*

*** Този пасаж е разширен и уточнен вариант на авторския текст, осъществен от преводачката със съгласието на автора. - *Бел. ред.*

КРИЗА ВЪВ ФИЗИКАТА?

Джоузеф Ликен*

Физиката има много общо с американската икономика: и двете процъфтяваха през последното столетие, далеч надхвърляйки дори най-смелите мечти и на най-оптимистичните оракули.

Но дори в добри времена ние се безпокоим за бъдещето. Наистина във физиката често се обезкуражаваме от откритията не по-малко отколкото от неуспехите. Гледайки назад към славните постижения на миналите десетилетия ние се притесняваме, че пътя към нашия успех е твърде труден за следване. Гледайки към бъдещето, стремим се да търсим отговор на все по-амбициозни въпроси непрекъснато увеличава залога, необходим за нашия напредък, нагнетява напрежението на надпреварата в нашата област на науката и държи всички в постоянен стрес.

Правилно ли е да се твърди, че физиката е в криза? Наистина физиците в САЩ са изправени пред криза на финансирането: многото години на ненарастващи бюджети за научни изследвания (и даже на намаляващи, като се отчете инфлацията) забавиха и обезкуражиха новите инициативи, които съставляват бъдещето на американската физика. Още едно десетилетие на стагнация и намаляване на финансирането би елиминирало всички претенции на САЩ за световен лидер във физиката. Загубата на това първенство би имала сериозни последици както за физиката, така и за дългосрочния просперитет и сигурност на САЩ.

В плен на собствените си предсказания

Едно добро начало е да охладим главите си (като се напием със студена вода) и да погледнем трезво на собствените ни отношения и реторика, отнасяща се за нашата наука. По ирония една от основните причини за стагнация във финансирането на американската физика е липсата на увереност в средите на самите физици, независимо от факта, че в световен план резултатите от изследванията във всички области на физиката са все така впечатляващи. Твърде много физици възприеха и даже дадоха гласност на твърдението, че нашата наука е в интелектуална криза, че ние някак си сме загубили ускорение или мотивация. Това твърдение е определено погрешно и ако не спрем да го разпространяваме безотговорно ще попаднем в плен на собственото си пророчество.

В моята област, физиката на елементарните частици, ние физиците носим отговорността за един особено немарлив начин на мислене. Говорейки за т.нар. криза във физиката на елементарните частици, ние всъщност засягаме състоянието на нещата в тази област на науката, такива каквито те са били през последните двадесет години. Всичко започна, когато ключови експерименти доведоха до всеобщото приемане на стандартния модел на силните и електрослабите взаимодействия на елементарните частици. Неочаквано се сдобихме с една мощна теория, която можеше да обясни всеки експеримент във физиката на високите енергии, една теория толкова богата и силна, че все още се мъчим да осмислим и разгадаем дълбочината на нейните физически заключения. Това беше един своеобразен вододел, плод на двадесетгодишен период, през който физиката на елементарните частици беше изтормозена от изобилие на нови частици и от нови свойства на частиците, а разполагаше само с една смесица от теоретични концепции, които се опитваха да ги обяснят. От едно време с твърде много изненади ние постепенно еволюирахме до време с твърде малко изненади. Това, което някои смятат за проблем на стандартния модел, е всъщност негов триумф. Всяка група от учени би била щастлива да разработи теория толкова мощна, че да са необходими десетилетия, за да бъде осмислена.

Ние във физиката на елементарните частици сме виновни не само за това, че погрешно нарекохме триумфа криза, но също така успяхме да объркаме и поставим знак на равенство между тези здравословни тенденции в развитието на физиката и един истински провал: отхвърлянето на проекта за Свърхпроводящия суперколайдър SSC в САЩ, което беше силен удар върху амбициите на американската физика на високите енергии. Но сега, десетилетие по-късно, виждаме съвсем ясно, че проблемът е преодолян. Суперколайдър наистина се строи: Големият адронен колайдър LHC в CERN. Суперколайдърът не е грешка, той е една велика идея. Общността на европейските специалисти по физика на високите енергии прегърна възможността да построи този колайдър и щастливо заложи бъдещето си на него. Проектът LHC предостави възможност за едно безпрецедентно сътрудничество между САЩ и Европа, чиито успех ускори интернационализирането на физиката.

Междувременно американската част от програмата по физика на високите енергии разшири спектъра си и се възползва от нови възможности във физиката на неутриното и на тежките кварки. Американските физици станаха световни лидери в изследването на връзката между физиката на елементарните частици и астрофизиката. Модернизирането на колайдъра Tevatron осигури още едно десетилетие на изследвания на предния фронт на науката. От гледна точка на въпросите, които ние задаваме, и на отговорите, които очакваме да получим, физиката на елементарните частици никога не е била по-богата.

Единството и разнообразието на физиката

Физиката като интелектуално занимание може просто да се дефинира като наука за структурата и формите на материята и на съпровождащите я взаимодействия. Всички физици използват един общ инструментариум и една обща база от знания. Ние също така споделяме убеждението (което Gerald Holton от Харвардския университет нарича йонийската магия), идващо от гръцкия философ Талес Милетски, че светът е подреден и може да бъде обяснен от малко на брой закони [1]. Във физиката освен това съществува и един общ език, математиката, който в много голяма степен допринася за впечатляващия темп, с който се развива теорията в нашата област. Както писа Юджин Уигнър “Чудото, че езикът на математиката е толкова подходящ за формулирането на законите на физиката, е един вълшебен дар, който ние нито разбираме, нито заслужаваме” [2].** Във физиката съществува едно интелектуално единство, което всички ние трябва да признаем и ценим.

И още, поради изумителния експоненциален ръст на нашето знание, изследванията в областта на физиката станаха изключително сложни и разнообразни. Физиката като наука не е еднородна, нито може някога да бъде. Отдавна е минало времето, когато един единствен човек можеше да бъде в крак с напредъка във всички области на физиката. Мога да твърдя без притеснение, че нито аз, нито някои от моите колеги можем да се надяваме да разберем достатъчно задоволително всички технически развития дори в самата физика на елементарните частици. Искате да знаете какво се случва в моята област на физиката? Вие може да започнете като изтеглите най-цитираните статии от електронния архив по физика на високите енергии SPIRES [3]. Това са само онези статии, които са цитирани 50 или повече пъти. Има 17 084 такива статии, от тях 1644 са публикувани през последните пет години. Разширявайки радиуса на нашето знание ние в същото време увеличаваме дължината на окръжността на нашето незнание. Това е нещо добро. Цивилизациите са много по-умни от всеки свой отделен индивид и те натрупват знания чрез усилията на хиляди талантиливи хора. По този начин лостът наистина повдига планини.

Да се радваме на успехите

Опасността естествено идва от това, че физиците се чувстват и са все потчуждени от всяко нещо, което е извън тяхната област на изследване. И понеже не е нито практично, нито разумно да разделим физическите факултети в университетите на пет или шест части, по-добре е да положим усилия, за да поддържаме добри интелектуални връзки с нашите колеги от други области на физиката. Това е един практически проблем, а не причина или извинение за идеологическа вражда. Слабата посещаемост - едно печално често явление на факултетските семинари - е по-добре да се обясни с факта, че физиците са заети хора. Но все пак малко "ръчкане", лек натиск, а оттук по-добри семинари, ще реши този проблем.

И докато усъвършенстваме нашите връзки с различните подобласти на физиката, нека се въздържае от безкрайни дебати чии изследвания са по-интересни и по-модерни.

В някои среди може да е модерно да се атакува редукионизма но е безсмислено физиците да правят това. Редукионизмът във физиката не е култова догма, това е едно средство, от което ние се нуждаем. Както изтъква големият биолог Едуард Уилсън, редукионизмът е "изследователска стратегия, използвана, за да се намерят точките на проникване в иначе непроницаемо сложни системи" [4]. Разгледай отделно, раздоби на части, опрости, моделирай. Редукионизмът, казва Уилсън, е най-важната и съществена дейност в науката. Разбира се има и други важни подходи. Ето отговорът на физиката Мария спиропуло на въпрос относно редукионизма, зададен ѝ на серията от лекции, посветени на Артър Комптън през 2001 г.: "Изследването в науката е като храната. Понякога ти се иска една хубава редукия, изискваща много приготовления, а понякога ти се хапва просто един сандвич".

Освен това трябва да се избягва очернянето на характерните черти на другите подобласти на физиката. Нека се радваме, че физиката на елементарните частици се занимава с удивително амбициозен списък от фундаментални въпроси. Нека се радваме на това, че физиката на кондензираната материя комбинира ненадминати интелектуални предизвикателства с неограничени възможности за технологически приложения. Нека се радваме на това, че астрофизиката и космологията навлизат в златна ера на нови данни и открития. Нека се радваме на новите дялове във физиката, на връзките и взаимното проникване между съществуващите дисциплини.

Ние признаваме, че физиката е скъпа наука. Ето гравитационната физика, една наука, която десетилетия наред се състоеше от няколко евтини настолни експеримента и от малко на брой теоретици. Сега, със създаването на Обсерваторията за наблюдаване на гравитационни вълни с помощта на лазерен интерферометър LIGO, изследователските програми по гравитация се състезават за големите долари. Или както каза Кип Торн от Калтех: *"Мислите ли, че съм много щастлив, че LIGO струва 300 милиона долара? Не, не съм! Но толкова трябва, за да се направи."* [5].

Трябва да сме горди, че фундаменталните изследвания във физиката са между най-важните начинания на нашата цивилизация. Трудно е. Скъпо е. Изисква огромен брой брилянтни умове. Полезно ли е това начинание? Струва ли си усилията? Преди век и половина попитали Майкъл Фарадей каква е ползата от откриването на електромагнитната индукция. Той отговорил: *"А каква е ползата от едно новородено?"* [6].

Изследванията в областта на физиката продължават да са източник на най-вълнуващите предизвикателства на нашето време. Ние физиците ще направим най-добре, ако просто предадем това послание на обществото.

Литература:

1. G. Holton, *Einstein, History, and Other Passions*, AIP Press, Woodbury, N.Y., (1995).
2. E. P. Wigner, *Commun. Pure Appl. Math.* **13**, 1 (1960).
3. Виж: the SPIRES archive at <http://www.slac.stanford.edu/spires>.
4. E. O. Wilson, *Consilience: The Unity of Knowledge*, Knopf, New York, (1998).
5. K. Thorne, *Los Angeles Times Magazine*, 11 August 2002, p. I.12.
6. M. Faraday, quoted in J. Barzun, *Science: The Glorious Entertainment*, Harper & Row, New York, (1964).

Превод: **Динко Динев**
(*Physics Today*, November 2002)

* Авторът е член на Отдела за теоретична физика на Националната ускорителна лаборатория “Е. Ферми” и е професор в Института “Е. Ферми” и във Физическия факултет на Университета в Чикаго.

** Ср. с Е. Винер, “Этюды о симетрии”, М. “Мир”, 1971 г., стр. 197. - *Бел. ред*

ИЯИЯЕ на 30 години



Медалът "Марин Дринов"

На 20 ноември 1972 г. с решение на Президиума на БАН от Физическия институт с Атомна научно-експериментална база (ФИ с АНЕБ при БАН) бяха създадени два нови института - ИЯИЯЕ (Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика) и ИФТТ (Институт по физика на твърдото тяло).

Обособяването на ИЯИЯЕ при БАН преди три десетилетия не бе начало, а по-скоро преломен момент в едно продължително развитие, което започва в нашата страна още в зората на атомната ера с пионерските разработки на проф. Петър Пенчев, създал прецизна дозиметрична апаратура и изследвал с нейна помощ повече от половин век естествената радиоактивност, и с научната дейност на предния фронт на ядрената физика на проф. Елисавета Карамихайлова, чиито експерименти предшестват откриването на неутрона и деленето на урана - две епохални открития, от които се роди съвременната ядрена енергетика.

В периода 1955-1961 г. под ръководството на акад. Георги Наджаков - откривател на фотоелектрета и Нестор на българската физика, се изгражда ФИ с АНЕБ, които дава стабилната основа за развитие на ядрените изследвания. В чужбина, най-вече в Обединения институт за ядрени изследвания (ОИЯИ) - Дубна, и в други водещи международни центрове по ядрена физика, а след това и у нас, започва подготовката на висококвалифицирани специалисти. В тази именно база и с тези кадри бе трасиран пътят на България от първата верижна реакция, осъществена на 18 септември 1961 г. в 20,15 часа в експерименталния реактор ИРТ-1000, до включването на мегаватовите мощности на АЕЦ "Козлудуй" в енергийната мрежа на Европа през 1974 г. Към края на това развитие, което съвпада с неговото обособяване, ИЯИЯЕ се превръща във водещ национален изследователски център.

Понастоящем дейността на ИЯИЯЕ обхваща почти всички най-важни направления на ядрената физика, факт, който е изненадващ за малка страна като България, но намира своето логично обяснение в широчината на интересите на водещите изследователи с международна известност, които определят научната политика, а също така в демократичния дух на институтското ръководство.

Странният свят на елементарните частици и неговото многообразие са предмет на авторитетните публикации на колектива от физици-теоретици, ръководени от акад. Иван Тодоров, които работят в области като конформна квантова теория на полето,

квантовите групи, теорията на струни и мембрани, гравитация и космология. Изследват се също така феноменологията на елементарните частици над рамките на стандартния модел, спектроскопия на екзотични атоми и молекули на леките елементи, физика на компресираните състояния. Стимулиращ ефект върху развитието на най-модерните аспекти на теоретичната ядрена физика оказаха непрестанният интерес и подкрепата на първия директор на ИЯИЯЕ акад. Христо Я. Христов.

Забележителни успехи в експериментите с елементарни частици постигна чл.-кор. Павел Марков, съоткривател на нова закономерност при взаимодействията на елементарните частици при високи енергии. Изследването на свойствата на елементарните частици изискват огромни ускорители и сложни детекторни установки, чиято цена надхвърля възможностите дори на водещите индустриални нации. Затова сътрудниците на Лабораторията по високи енергии, работят в големи международни колективи в ОИЯИ - Дубна и в Европейския център за ядрени изследвания ЦЕРН. България членува в ОИЯИ от неговото създаване през 1956 г., а в ЦЕРН - от 1999 г.. В изследователската програма на ЦЕРН, ИЯИЯЕ участва и с внедряване на най-модерна експериментална апаратура, която се разработва в Лабораторията по ядрена електроника.

Взаимодействията в сложната многочастична система на атомното ядро се изследват при радиоактивния разпад и с помощта на ядрени реакции от сътрудници на Лабораториите по ядрена спектроскопия и ядрени реакции. Широко известни в международната научна общност са работите на проф. Желю Желев - съоткривател на фината структура на алфа-спектрите, на акад. Венцеслав Андрейчев по времена на живот на възбудени състояния и ядрена структура, на акад. Емил Наджаков - пионер в изследването на високоспиновите състояния и създател на ротонния модел на ядрото. Съвместно с учени от ОИЯИ по-късно бе разработен един от най-популярните съвременни ядрени модели - квазичастично-фононният. В Лабораторията по теория на атомното ядро, създадена от проф. Иван Желязков, бяха развити нови подходи в многочастичната теория на ядрената структура и ядрените реакции, свързани с изследвания на нуклонни корелации в ядрата, с теория на функционалната плътност и с групово теоретични методи – изследвания, получили широко международна известност.

ИЯИЯЕ оказа безценна помощ в подготовката на кадри за българската ядрена енергетика. В института се извършват изследвания, непосредствено свързани с оптимизиране експлоатацията на реакторите ВВЕР-440 и ВВЕР-1000. Направени са оценки за тяхната надеждност и срок на експлоатация. В момент, когато предстои да се вземат важни решения за енергийната стратегия на страната, препоръките на експертите от ИЯИЯЕ следва да имат приоритет. За провеждане на изследвания с неутрони в приложните направления, включително неутронна терапия, се предвижда реконструкция и модернизация на експерименталния реактор на Ядрено научно експерименталната база (ЯНЕБ), като при значително намалена мощност се предвижда запазване на плътността на потока неутрони.

В областта на радиоекологията ИЯИЯЕ заема водещо място в страната, поддържайки едновременно многостранни международни контакти. Под ръководството на настоящия директор проф. Йордан Стаменов, на връх Мусала (2925 m н.м.р.) бе изградена и пусната в експлоатация най-високата екологична обсерватория в Европа. Тя разполага с апаратури за измерване на слънчевата радиация и астроклимата, на киселинността на облаците и, което е особено важно, може да регистрира трансграничен пренос на техногенни радионуклиди - ранен сигнал за евентуална ядрена авария. В обсерваторията се работи и по астрофизика и физика на космичните

лъчи, като се изследват частици със свръхвисоки енергии - загадъчни пришълци от дълбините на Вселената.

Своите звездни мигове ИЯИЯЕ изживя през 1981 г., когато по случай 1300 годишнината на Българската държава, протонният детектор, разработен в Лабораторията по полупроводникови детектори, се издигна в орбита около Земята на борда на спътника "Интеркосмос".

Учените и специалистите от ИЯИЯЕ имат значителен принос във внедряването на ядрените методи като Мьосбауеровата и позитронната спектроскопия, масовата спектрометрия, изследвания на твърдото тяло с помощта на неутрони, неутронно-активационния и рентгенофлуоресцентния анализ и др., в най-различни области на живота, както и в други клонове на науката. До завършване на реконструкцията на експерименталния реактор на ЯНЕБ, облъчване с неутрони за изпълнение на приложни задачи се извършва на един от базовите уреди на ИЯИЯЕ - неутронния генератор.

Актуални проблеми, свързани с внедряването на висшите технологии, се разработват в Лабораторията по йонна имплантация и лазерна спектроскопия, където се използва друг базов уред на института - йонния имплантатор.

Отговорна задача на ИЯИЯЕ е събирането, обработката и безопасното съхраняване на радиоактивни отпадъци. За целта, в съответствие с международните стандарти, беше извършена модернизация на хранилището за радиоактивни отпадъци в Нови хан. Лабораторията бе снабдена с най-прецизни дозиметрични и аналитични уреди.

Трудно е да се изброят всички актуални проблеми, по които се работи в ИЯИЯЕ, но високата квалификация на неговите сътрудници и техните международни контакти поставят несъмнено института на едно ниво с т.нар. Европейските центрове на компетентност. Така, чрез участие в бъдещи европейски проекти в областта на ядрените изследвания, ИЯИЯЕ ще даде своя принос в цялостния процес на интеграция.

Юбилеят на ИЯИЯЕ беше отбелязан с тържествено събрание в Големия салон на БАН в присъствието на именити български и чуждестранни учени. Приветствия бяха поднесени от ръководството на БАН, от представители на ОИЯИ - Дубна, на Софийския и Пловдивския университети, на министерства и други национални ведомства. Институтът бе удостоен с най-високото отличие на БАН - медалът "Марин Дринов".

Христо Протохристов

ИФТТ “Акад. Георги Наджаков” на 30 години

Институтът по физика на твърдото тяло при БАН е създаден само преди тридесет години. Той възниква върху основата на Физическия институт на БАН. През 2002 г. ИФТТ отбеляза своя юбилей със серия дейности. На 24 ноември 2002 г. Научният съвет изказа благодарност за добрата работа по повод тридесетгодишнината на ИФТТ на А. Г. Петров, С. Андреев, В. Ловчинов, Д. Нешева, С. Александрова, Д. Димитров, И. Бинева, Р. Камбурова, Х. Попов, И. Попова и Е. Попова.

Отбелязването на кръглата годишнина започна в ИФТТ с издаване на юбилеен сборник. Книгата “Jubilee collection. 30th Anniversary of the Institute of Solids State Physics, Bulgarian Academy of Sciences 1972 - 2002”, ISSP, 2002 има научно-исторически характер. За всяка лаборатория в нея са включени данни за създаването и ръководителите ѝ, получените резултати и публикации през последните трийсет години, както и перспективите за научни изследвания.

По повод годишнината бе създаден Почетен знак на ИФТТ със силует на акад. Г. Наджаков. Съгласно статута му от 26.09.2002 г. знакът се присъжда от Научния съвет на ИФТТ за приноси в научното и финансово укрепване на Института. Почетният знак на ИФТТ е награден и на лента. Всеки почетен знак на лента е номериран и върху него е гравирано името на притежателя му.

Институтът по физика на твърдото тяло при БАН удостои английския професор Джо Маршал от Университета в Суонси, Уелс, с Почетен знак “Г. Наджаков” на лента за неговото дългогодишно партньорство и заслуги за провеждането на Международната школа по физика на кондензираното състояние. Наградата бе връчена на тържествен семинар, проведен в ИФТТ на 19 ноември 2002 г. В почетната лекция проф. Джо Маршал разказа за работата си върху неподредени полупроводници.



Момент от откриването на бюста-паметник на академик Георги Наджаков на 20 ноември 2002 г. в присъствието на директора на Института по физика на твърдото тяло ст.н.с. I ст.дфн А. Г. Петров, доцент Елка Николова, дъщеря на акад. Г. Наджаков, и професор Джо Маршал от Центъра за електронни материали на Университета в Уелс Суонси, Великобритания. Професор Джо Маршал е носител на почетния знак на ИФТТ на лента.

Идването на проф. Д. Маршал съвпадна с откриването на бюст-паметник на акад. Г. Наджаков. Бюст-паметникът е поставен в централната алея срещу главния портал. В слънчевия следобед на 20 ноември 2002 г. директорът на Института по физика на твърдото тяло ст.н.с. I ст. дфн А. Г. Петров в присъствието на служители и гости откри с кратко слово бюст-паметника на академик Георги Наджаков. На откриването присъстваха ръководителите на физическите институти на БАН, които се намират на територията: проф. Й. Стаменов, директор на ИЯИЯЕ, ст.н.с. Р. Еников, директор на ИЕ и ст.н.с. К. Панов, директор на Института по астрономия. Доцент Елка Николова, дъщеря на Г. Наджаков, служители и гости положили цветя пред паметника.



Тържествено откриване на бюст-паметника на академик Георги Наджаков от директорите на физическите институти в района.

На юбилея бе посветена научна сесия, проведена на 14 и 15 октомври 2002 г. в ИФТТ. През първия ден преди обяд под председателството на Н. Тончев изнесоха своите доклади Д. Пушкарров (Теоретичен отдел), Д. Узунов (Лаборатория Кооперативни явления в кондензирани среди), А. Ваврек (Лаборатория Електрон-фононни взаимодействия) и М. Калицова (Лаборатория Електронна микроскопия и електронография). След обяд под председателството на А. Г. Петров и В. Ловчинов говориха М. Баева (Лаборатория Рентгенодифракционни и магниторезонансни методи), Н. Тончев (Лаборатория Ниски температури и магнетизъм), проф. В. Ковачев (Лаборатория Свръхпроводимост и свръхпроводящи материали), Б. Николов (Лаборатория Криогенна техника), С. Андреев (Лаборатория Физични проблеми на микроелектрониката) и Д. Нешева (Лаборатория Фотоелектрични и оптични явления в широкозонни полупроводници). Сесията продължи на другия ден преди обяд под председателството на С. Андреев с докладите на С. Симеонов (Лаборатория Полупроводникови хетероструктури), Л. Спасов (Лаборатория Акустоелектроника), М. Господинов (Лаборатория Израстване на кристали), Г. Минчев (Лаборатория Молекулярна епитаксия). След обяд под председателството на проф. В. Ковачев и Д. Нешева изнесоха своите доклади М. Митов (Лаборатория Течни кристали), А. Г. Петров (Лаборатория Биомолекулни слоеве), М. Петров (Лаборатория Оптика и спектроскопия), К. Благоев (Лаборатория Атомна спектроскопия) и Н. Съботинов (Лаборатория Лазери с метални пари).

Врх на юбилейните чествания, посветени на тридесетгодишния юбилей на ИФТТ, бе тържественото събрание. То се проведе в големия салон на БАН на 16

октомври 2002 г. На събранието присъстваха много гости, които поднесоха своите поздравления. Празнична програма изпълни академичният хор "Ангел Манолов" към Студентския дом. Директорът на Института проф. А. Г. Петров представи развитието и дейността на ИФТТ. Бяха връчени дипломите на новоизбраните почетни членове на ИФТТ – проф. П. Симова и проф. Н. Пашов. Присъдени бяха грамоти за най-добри постижения на ИФТТ за 2001 г. С Почетен знак на ИФТТ на лента за значителни заслуги към Института по физика на твърдото тяло бяха удостоени следните учени: чл. кор. Александър Держански, Никола Съботинов, Николай Киров, Стефан Андреев, Васил Ловчинов, Елена Ватева, Йорданка Пачева, Иванка Саватинова, Младен Младенов, Лозан Спасов, Веселин Ковачев, Минко Петров, Димитър Пушкарров, Валентин Георгиев. За научно и финансово укрепване на Института с нагърден Почетен знак на ИФТТ получиха: Александър Ваврек, Борислав Николов, Иван Василев, Киро Киров, Александър Малиновски, Крум Коленцов, Тодор Кехлибаров, Стефан Балабанов, Пенка Кирчева, Анка Ценова, Елеонора Попова.

Събранието завърши с коктейл и откриване на изложба на ИФТТ. Тя бе организирана във фойето на Централната сграда на БАН от 14 до 24.10.2002 г.

Юбилейната година завърши с поставянето на мемориални табелки пред кабинетите на почетните членове на ИФТТ в Централната сграда: проф. Саздо Иванов (стая 106), акад. Георги Наджаков (стая 210), проф. Разум Андрейчин (стая 220), проф. Николай Пашов (стая 308), акад. Милко Борисов (стая 312), проф. Параскева Симова (стая 323), чл.кор. Йордан Касабов (стая 324), проф. Евгени Леяровски (в Ниски температури), проф. Стефан Кънев (в ЦЛ СЕНЕИ).

По решение на Управителния съвет на Българската Академия на Науките, ИФТТ бе награден за своята тридесетгодишнина с Мемориален плакет "Марин Дринов". Юбилеят на Института по физика на твърдото тяло бе повод за гордост от постигнатите резултати, повод за радост от срещите с колеги, но също и повод за преоценка на насоките за бъдещите научни изследвания.

Ганка Камишева

34-та ЕВРОПЕЙСКА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО АТОМНА СПЕКТРОСКОПИЯ

Поредната 34 Европейска конференция на групата по атомна спектроскопия се проведе в София от 9 до 12 юли 2002 г. Организатори на конференцията бяха Институтът по физика на твърдото тяло - БАН, Физическият факултет на СУ, а съорганизатор - Съюзът на физиците в България. Конференцията се проведе на територията на Физическия факултет на СУ "Кл. Охридски".

Европейската конференция по атомна спектроскопия е една от физическите конференции с най-голяма традиция – първата конференция се провежда през 1963 г., – т.е. преди създаването на Европейското физическо общество. По своят замисъл конференцията е създадена за обмяна на идеи и дискусия на най-последните резултати в областта на физиката на атома, а така също и за среща на млади учени с изтъкнати учени от тази научна област.

Конференцията се проведе у нас, тъй като през последните десетина години, а може би и малко повече, лабораториите, които се занимават с атомна спектроскопия в България, бяха доста активни в европейски мащаб. Самата подготовка на конференцията трае около 2 години.

Атомната спектроскопия е свързана с изследването на светлината, излъчвана от атомната обвивка на атомите или йоните при преходите на възбудените атомни и йонни състояния. Това дава информация за процесите протичащи в атомната обвивка. По този начин например може да се разбере какво става с атомите, които се намират в звездните атмосфери, какво става с атомите, които се намират в средата на лазерите или, да речем, с атомите, които се намират в горните слоеве на земната атмосферата и тук вече атомната спектроскопия като цяло има доста широк обхват.

Изучаването на спектрите на атомите и йоните и на техните характеристики дава информация за атомните системи като квантови обекти и проверката на различни теоретични модели и стимулира развитието на квантовата физика.

Друга модерна област на атомната спектроскопия е свързана с взаимодействието на кохерентното лъчение с атомната обвивка. Тази област, която носи обобщеното наименование квантова оптика, се развива интензивно през последните години. За постижения в тази област бяха присъдени Нобеловите награди по физика – през 1994 г. за откритието на явлението “охлаждане на атомите” и през 2001 г. за получаването на Бозе-Айнщайнов кондензат. Тези изследвания по-нататък се насочиха към получаването на атомни кохерентни вълни и квантовите компютри. Квантовата оптика има и своите практически приложения. Атомната спектроскопия като метод и резултати има твърде широко поле на приложение в тези области на науката и технологиите, свързани с оптичните спектри, като: астрофизика, физика на високо- и нискотемпературната плазма, физиката на активната среда на източници на светлина в т.ч. на газовите лазери, аналитичната спектроскопия и от тук опазването на околната среда, медицината и т.н.

Тези проблеми бяха дискутирани и на 34 Европейска конференция по атомна спектроскопия. На конференцията бяха изнесени 14 поканени доклада, 4 “hot topic” доклада, 37 устни доклада и бяха представени 137 постера. Поканените доклади бяха изнесени от най-изтъкнати специалисти от Европейските научни центрове. Бяха дискутирани проблеми на квантовата оптика, като получаването на охладени и свръхохладени молекули (до температури nK) при взаимодействие с кохерентно лъчение, атомни лазери, квантови компютри, спектроскопия близо до твърдотелна повърхност, използването на квантовите явления за създаването на прецизни свръхчувствителни магнитометри в т.ч с използването на явлението кохерентно

захващане на населеността на състоянията при взаимодействие с лазерно поле, физиката на нискотемпературната плазма, в т.ч. нови лампи с активна среда рубидий и цезий, експериментални и теоретични аспекти на физиката на атомната обвивка на сложни атомни системи, получаването на свръхкъси лазерни импулси и приложението им за изследване на атомните обвивки – така наречените “кухи атоми”. В редица устни доклади бяха дискутирани проблемите на получаването и физиката на “Бозе-Айнщайнов кондензат”, спектри на йони във вакуумно-ултравиолетовата област на спектъра, теоретични аспекти на атомните характеристики на многократно заредени йони, физиката на нискотемпературната плазма и приложението на атомната спектроскопия в медицината. Имаше доста на брой доклади, свързани със спектрите на атомите и на високоионизирани атоми – т.е. със спектрите на йони с висока степен на йонизация, което пък е много актуално и е свързано с астрофизическите изследвания. Както е добре известно, през последните години благодарение на космическия телескоп “Хъбъл” се получи изключително ценна информация за спектрите на звездите, която ни е необходима да разберем същността и произхода на Вселената, произхода на звездите, произхода на Земята. Спектрографите, които работят на този космически апарат успяха да проникнат дълбоко във Вселената, в различни спектрални области, включително и във вакуумно ултравиолетовата област на спектъра. За да могат тези данни да бъдат интерпретирани, са необходими лабораторни изследвания. Много от докладите, както теоретични, така и експериментални, бяха посветени на тази тематика. Бяха дискутирани и спектроскопически проблеми на малките молекули и процесите с тяхно участие.

Широкият обхват на темите обсъждани на конференцията я прави, по думите на Председателя на международния борд на Европейската група по атомна спектроскопия проф. П. Ландрополос, уникална и привлекателна за младите учени. Високото научното ниво на конференцията се определяше както от поканените лектори, така и от редица известни учени от Европа, Русия, САЩ, а така също и от някои млади учени и високото научно ниво на представените доклади. Организаторите дадоха своят принос с подбора на поканените лектори и аранжиране на програмата на конференцията.

Конференцията допринесе за установяване на по-тесни контакти на учените, работещи в областта на атомната спектроскопия и в частност българските учени с европейските им колеги. Това е особено важно за развитието на младите учени от България. По време на конференцията беше проведено регулярно съвещание на проект от 5-а рамкова програма, в които колегите от ИЕ-БАН са партньори. Бяха проведени и консултации за оформяне на проект по 6-а рамкова програма в областта на атомните константи. Ползата за развитието на атомната спектроскопия в България е несъмнена.

Отпечатан е сборник на конференцията, който съдържа над 250 доклада. Подготвя се за печат специален том на международното физическо списание "Physica Scripta", в който ще бъдат включени поканените лекции и “hot topic” докладите.

В конференцията участваха близо 170 учени от 31 страни. Освен от страните - членки на ЕС и асоциираните страни, участие взеха учени от САЩ, Русия, Армения, Украйна, Беларус, Египет, Аржентина, Индия, Саудитска Арабия, Бразилия. Участието на млади учени от ЕС и асоциираните страни беше финансово обезпечено от ЕС с проект по програмата “High Level Scientific Conferences”. Проектът беше изготвен и реализиран от организационният комитет. Европейското физическо общество също финансира участието на 9 млади учени от Русия, Украйна, Полша и Беларус. Местният организационен комитет подпомогна финансово участието на учени от Русия, Индия, Армения. Почти половината от участниците в конференцията бяха на възраст под 40 г.

Финансирането на участието на млади учени в Европейските конференции по атомна спектроскопия е традиция, която дава възможност да се приобщят към

европейската колегия и учени, чиито научни институции нямат възможност да финансират участието им в конференцията. От тази възможност са се ползвали и редица български учени. Тяхното участие в Европейските конференции по атомна спектроскопия от 1988 г. досега доведе до това, че работите на българските учени станаха познати на европейската колегия и като резултат България и в частност ИФТТ-БАН получи поканата за организиране на 34 Европейска конференция по атомна спектроскопия.

Българската научна колегия беше добре представена на конференцията – участваха учени от СУ, БАН, ТУ – София, Университета в Пловдив. На всички колеги, които пожелаха, беше дадена възможност да участват в конференцията.

Организационният комитет на конференцията беше изграден от учени, представляващи ИФТТ-БАН, СУ и Съюза на физиците в България. Половината членове на организационния комитет бяха аспиранти. През последният етап на подготовката и по време на провеждането на конференцията в помощ на организаторите се включиха студенти, аспиранти, млади и не толкова млади учени от ИФТТ, ИЕ – БАН и ФФ на СУ. В условията на съвременна България организирането на такова значително научно мероприятие се оказва изключително трудно.

Вероятно поради нашите си условия нито едно от нещата не се получаваше от първия път. Имахме подкрепата на ръководствата на БАН, ИФТТ, СУ, Физическия факултет. Без тази подкрепа не беше възможно да се организира конференцията. Кметът на София г-н Ст. Софиянски също ни подкрепи (той даде коктейл на участниците и това беше прието като много положителен знак от всички участници в конференцията). Подкрепиха ни и държавни организации като АЕЦ “Козлодуй”, КИАЕМЦ, Съюзът на физиците, разбира се, даде своята подкрепа и участва много активно, редица частни фирми също ни подкрепиха. Събраните средства ни дадоха увереност за доброто провеждане на конференцията, но не по-малко важно за нас, като организатори, беше отношението на хората и институциите.

Не може да се подмине, обаче, безразличното отношение на Министерството на науката и образованието и на Управителният съвет на фонд Научни изследвания, които независимо от становището на комисията по физика да бъде подкрепена тази престижна научна конференция, зае странна, може да се каже, безразлична позиция. Получените от тези институции писма са не само комични, но показват непознаване на собствената им нормативна база. Можем да определим отношението им като никакво. Вероятно поради факта, че тези институции имат същото отношение към науката въобще.

Организацията на конференцията получи висока оценка от редица участници, между които: проф. М. Дюклоа – Председател на Европейското физическо общество, проф. В. Визе – директор на Департамента по атомна физика при Националното бюро на стандартите – САЩ; проф. Ф. Ведел – секретар на европейската група по атомна спектроскопия и което е особено ценно за нас като организатори - висока оценка дадоха колеги, организирали тази конференция през последните години.

Организирането и провеждането на 34 Европейска конференция по атомна спектроскопия в София показва, че такива крупни научни форуми могат успешно да се организират при съвместните усилия на колегията и с помощта на научните организации.

34 Европейска конференция по атомна спектроскопия с широкия обхват на дискутираните теми в известна степен направи равностойка на изследванията и се набелязаха бъдещите направления на работа.

За нас поуките от конференцията са много, но главните са свързани със сравнението ни с водещите европейски лаборатории. Очевидно е, че научният

потенциал в България в областта на атомна спектроскопия за мащабите на страна като България е на високо ниво. Тревога буди обаче нивото на младите ни учени и особено драстичното изоставане в експерименталното оборудване. Трябва да се отбележи, че атомната спектроскопия не е скъпо струваща наука в сравнение с експериментите в ядрената физика, физиката на кондензираното състояние или във физиката на високотемпературната плазма. Но някакви средства би трябвало да се отделят. Напълно погрешно е схващането, че включването на дадена лаборатория в европейски проект ще даде възможност проблематиката ѝ да се развива. Това е следствието, а не причината. Добре известно е, че европейските проекти са създадени за обединяване на усилията и ресурсите в дадена област на лабораториите от различни страни на Европейската общност с цел достигане на приоритетно в света положение, а не за да се финансира науката на една от страните - участнички в даден проект. Всяка страна финансира националната си наука и колкото по-силна е тя, толкова участието ѝ в европейските проекти е по-значимо и следователно възвръщаемостта в средства, "know-how" и др. е по-голямо. Пример за това е Полша. Многобройни примери с различни страни показват, че единствения начин за излизане от криза е да се финансира приоритетно образованието и науката. Това не е ефектът на "Барон Мюнхаузен". Страна в криза може да се самоиздържа с добре премислени и целенасочени инвестиции в образованието и науката.

Кирил Благоев

ДИСКУСИЯ

на тема “Матурата по физика и приемът във висшите училища”

На 25.10.2002 г. Софийският клон на Съюза на физиците в България (СФБ) организира годишното си съвещание в Учебно-научната станция на Софийския университет “Св. Кл. Охридски” в местността Гьолечица в Рила. На съвещанието бе проведена дискусия на тема “Матурата по физика и приемът във висшите училища”. Дискусията бе продължена месец по-късно в Националния политехнически музей (с който клонът има договор за съвместна дейност). На съвещанието и срещата в музея присъстваха преподаватели от средните и висши училища, колеги от институтите на БАН и физици от стопанския сектор и държавните институции. Участниците взеха отношение по следните въпроси:

Резултати от пробната матура по физика и изводи от тях.

1. Причини за малкия брой ученици, явили се на пробна матура, свързани с обема и съдържанието на материала по физика, изучаван в гимназиите и техникумите;
2. Административни пречки пред желаещите да се явят на матура по физика;
3. Нормативни документи на МОН за бъдещата матура по физика.
4. Признаване на оценките от матурата по физика за прием във висшите училища.

Изказаните по време на дискусията мнения и констатации могат да се систематизират по следния начин:

Пробната матура е била на две нива, всяко с времетраене 120 минути: 1-во ниво с тест от 60 въпроса с избор на верния отговор между 4 посочени към всеки въпрос; 2-ро ниво – решаване на 5 количествени задачи. Резултатите от теста на пробната матура показва нормално разпределение с около 30 верни отговора от общо 60-те тестови въпроса, т.е. един верен отговор трябваше да бъде избран за 2 минути, което време е сравнително кратко поради липсата на опит у учениците да отговарят на тестови въпроси. Матурата може да остане само на 1-во ниво, но и включеният за 2-рото ниво материал не е много и може да се усвои от учениците при подготовката им за матурата.

Съществено затруднение пред явяващите се на матура по физика е учебният материал в гимназиите и техникумите, който е еднакъв по обем според учебната програма, но се изучава в различен брой часове. Между учениците в техникумите има такива, които биха кандидатствали в техническите висши училища с прием по физика, но са затруднени в подготовката си по две причини. Първата е в липсата на обучение по физика в последните две години на техникума. Втората е в невъзможността да се организира ЗИП по физика в техникума било поради несъгласие на директорите, било заради недостатъчния брой часове по норматив. Системата на ЗИП е в парадоксална ситуация – от една страна тя изисква задължителен избор от страна на ученика, а от друга - групата ученици за ЗИП се формира само при нормативно определен минимален брой желаещи за нея. Често системата се изкористява от желанието на повечето учители от определена специалност да получат над норматива учебна заетост за сметка на колегите си. Затова е много важна настойчивостта на учителя по физика за отстояване на интересите на предмета пред колегите си в училището.

Нормативните документи с изискванията към бъдещата матура по физика, както и примерен тест за нея, публикувани в бр. 41 и 42 на в-к “Азбуки” от 2002 г. Матурата е на едно равнище, но в програмата са включени и въпроси от профилираната подготовка по физика. Желателно е всеки учител по физика да се запознае с тях, да информира учениците си за изискванията в документите и да ги стимулира към избор на физиката

като матуритетен предмет, подготовката за който ще им помогне при кандидатстване в университетите с физични и някои технически специалности.

Настъпилите в края на 2002 г. изменения в нормативната база на МОН дават възможност на абитуриентите да се освобождават от матуритетни изпити при съответния успех и условия. Тези изменения настъпиха след коментираните съвещания и затова не бяха обсъждани от участниците в тях.

Признаването на оценката по физика от матурата при класиране във някои специалности на университетите става с решение на академичния съвет. По мнение на учителите техническите университети няма да загубят, ако използват за класиране оценката от матурата, тъй като тя ще бъде поставяна след изпита анонимно от специално назначена комисия при строго определени единни изисквания. Освен това на матура по физика биха се явили само ученици, които са избрали физиката от интерес към нея. Преподаватели от СУ, от ТУ, ХТУ и други висши училища информираха участниците по какъв начин ще се взема оценката от матурата за прием в конкретния университет – като равностойна с определено тегло на тази от приемния изпит или като балообразуваща при класиране на кандидат-студентите. За ролята на матуритетните оценки трябва да се има предвид и опитът на европейските университети, при който след приема в университета новите студенти преминават двугодишен срок на предварителна подготовка по предмета и едва след това продължават в съответната университетска специалност.

На срещата в музея участниците бяха информирани за дейността и инициативите на Софийския клон на СФБ, отразени в плана за работа през 2002-3 г., поместен отделно.

Заключение. Към изказаните мнения и направените предложения по време на съвещанието на Софийския клон на СФБ могат да се добавят и други констатации и идеи, които да станат част от общото становище на софийските учители по дискутираната тема. Ръководството на клона пое ангажимента да ги обобщи и ги направи достояние на учителите по физика от цялата страна, като използва традиционната конференция по въпроси на обучението по физика, която ще се състои през май 2003 г. в гр. Силистра.

Людмил Вацкичев

ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА И ОПАЗВАНЕТО НА ОКОЛНАТА СРЕДА

(Размисли, предизвикани от XXX Национална конференция по въпросите на обучението по физика)

Никола Балабанов

Пловдивски университет "Паисий Хилендарски"

КОНФЕРЕНЦИЯТА

От 30 май до 2 юни 2002 г. в Пловдив се проведе XXX-та Национална конференция по въпросите на обучението по физика. Заедно със Съюза на физиците нейни организатори бяха: МОН, АЕЦ-"Козлодуй", КИАЕМЦ, Фондация "Европа" и община Пловдив, които оказаха сериозна финансова подкрепа за провеждането ѝ.

Конференцията беше посветена на един от най-актуалните съвременни проблеми - опазването на околната среда и мястото на физиката в тази дейност. Пред общо около 150 участника бяха представени над 70 доклада (устно и на постери), разпределени в секции "Средно образование", "Висше образование" и "Физика и опазване на околната среда". На конференцията изнесоха пленарни доклади проф. Ангел Попов, проф. Васил Андреев и доц. Емил Вапирев - председател на КИАЕМЦ. Публична лекция, посветена на Нобеловите награди по физика за 2001 г., изнесе ст.н.с. Михаил Бушев.

По време на конференцията се проведеха две дискусии за обсъждане на проблемите на образованието. Изключителен интерес предизвикаха демонстрациите, проведени от доц. Драгия Иванов. Запълнили до краен предел физическата аудитория на Пловдивския университет, колегите видяха как атрактивно и само с подръчни средства могат да се демонстрират физически явления. Всички участници получиха наред с докладите на конференцията и подарък - книгата на Др. Иванов "Забавни опити по физика".

Като съпровождащо мероприятие беше организираната от ЦЛОЗОИ към БАН изложба "Изобразителна холография" и изнесения от ст.н.с. В. Съйнов доклад "Същност, развитие и приложение на холографията".

Паралелно с другите секции (което се оценява като неуместно) се проведе и младежката научна сесия, на която бяха представени за защита 40 реферата по темата на конференцията. В много от рефератите се съдържаха научна информация, но най-главното в тях беше големият емоционален заряд.

Като цяло конференцията премина добре:

- Участниците в нея имаха възможност да получат значителна по обем и полезна информация за проблемите, свързани с опазване на околната среда;
- Програмата в значителна степен бе балансирана между устното и постерно представяне, дискусии и демонстрации;
- Културната програма (театрална постановка "Бай-Ганьо", екскурзии до гробницата в Старосел и до Бачковския манастир), осигурена от домакините, както и благоприятните условия в гр. Пловдив дадоха възможност за приятни преживявания и разведряване на участниците.

В словото си при откриването на конференцията аз споделих някои мисли за мисията на физиката за опазването на околната среда (словото е поместено в сп. "Физика", бр. 3-4, 2002 г.). Но и след нейното провеждане този проблем продължава да ме занимава и тревожи. Предлагащата статия е в духа на препоръките на конференцията - физическите списания да публикуват повече материали по обсъжданата тема.

Според мене в съзнанието на огромното мнозинство от хората, а също в обучението и възпитанието на младежта присъстват неверни представи, **ЗАБЛУЖДЕНИЯ И ПРЕДУБЕЖДЕНИЯ ПО ОТНОШЕНИЕ НА ПРИРОДАТА, ОКОЛНАТА СРЕДА И НЕЙНОТО ОПАЗВАНЕ.**

Първо заблуждение: Природата е нещо огромно и абстрактно; това, което е около нас - т.нар. "околна среда" - е дребно и незначително.

Повечето хора нямат усет за връзката между голямото и малкото в природата. В училище се изучават екосистемите, географските и климатични зони и пояси, особеностите и разнообразието на растителния и животински свят в различните континенти. Лесно може да се формира заблуждението, че всичко онова, за което пишат учебниците, няма нищо общо с нашия град или село, с нашия квартал или улица, с нашия дом.

А в природата всичко е единно и взаимно свързано. В нея няма делене на голямо и малко, на важно и неважно. В нея всичко е целесъобразно. Училището трябва да формира и затвърди у своите възпитаници разбирането, че най-важното нещо, което човек може да направи и за природата и за себе си, е да опази онази среда, в която живее.

Второ заблуждение: Природата е не само нещо огромно, тя е богата и пребогата. В нея всичко е в изобилие - животни, растения, полезни изкопаеми, източници на енергия. Тя трудно може да бъде оцетена и изтощена - богатствата ѝ са неизчерпаеми. Освен това тя е способна с лекота да възстановява загубите си, да отстранява последствията от вредните въздействия, от разрушителните процеси.

В действителност в природата протича постоянно натрупване на малките нарушения и това може да предизвика сериозни екологични деформации в нея. Да не забравяме, че на планетата живеят няколко милиарда човека (и може би още толкова живи същества, които му се подчиняват). Колкото и дребна да изглежда на пръв поглед постъпката на отделния човек, при многохилядното и многомилionenното ѝ повтаряне може да се стигне до сериозни последствия.

Нека помислим какво би станало, ако всяко от тези милиарди същества всеки ден настъпва и унищожава по една педя трева или една мравка. Ето това е другият урок, който ученикът трябва да усвои: преди да извършиш някаква дреболия, помисли какви могат да бъдат последствията, ако всички хора на Земята я повторят.

Трето заблуждение: Природата е нещо мъртво и нечувствително: планини и морета, равнини и реки, скали и пясък - една безчувствена грамада.

Това също е невярна представа. По-внимателният поглед показва, че природата е един огромен организъм. Тя се изменя непрекъснато, нейните конкретни форми - звезди, континенти, ландшафта - се "раждат", изменят и "умират". Колкото огромна и неуязвима да изглежда природата, тя е ранима и чувствителна. Понякога нейните рани трудно зарастват или остават не излекувани.

Не трябва да забравяме, че ние сме част от природата, че нашето възникване и развитие, нашите постъпки и действия са част от процесите в нея. Живото и неживото в природата взаимно се обуславят и поддържат. Между тях има сключен неписан договор за милиони и милиарди години и нарушаването му може да бъде в ущърб и на двете страни. Ако се ограничим с познатата ни част от Вселената, може да говорим за съюз между два свята, условно наречени "Въглероден" и "Силициев" (органичен и неорганичен) От нарушаването на този съюз ще пострада най-вече Въглеродният свят.

Четвърто заблуждение: На Земята живеят милиарди хора. Какво мога да направя аз, малкият обикновен човек? Не са ли безсмислени моите усилия да направя нещо за опазването на околната среда?

Разбира се, бъдещето на планетата се определя от единните действия на всички хора, народи и държави. Заедно с това състоянието на околната среда зависи и от индивидуалните действия на хората, от активността (или пасивността) и предприемчивостта на всяка отделна личност. Ежедневно сме свидетели на неекологично (невъзпитано) отношение на хората около нас - безразборно хвърляне на станали ненужни предмети, безотговорно използване на ценни природни суровини и т.н. Не постъпваме ли често и ние така? Не се ли присъединяваме към онези, които с безразличие наблюдават подобни постъпки?

Във всеки човек трябва да бъде възпитано чувството за персонална отговорност пред идните поколения, на които сме длъжни да оставим животворна среда. Това е голяма отговорност!

Пето заблуждение: С усъвършенстване на техниката и технологиите условията за промишлени аварии ще бъдат сведени до минимум и това ще доведе до силно намаляване на вредното въздействие върху околната среда.

Няма съмнение, че създаването на нови материали и внедряването на нови технологии ще осигурят повишаване на безопасността при експлоатирането на наличните технически устройства. Но не бива да се създават илюзии относно еднозначността и еднопосочността на последствията от техническия прогрес. Навлизайки в новата технологична епоха, човечеството навлиза в зоната на непредсказуеми и непознати трудности.

От една страна нарастващото изобилие на нова техника с все по-голяма сложност и по-големи мощности от настоящата, създава също определена степен на риска. С прогреса на техниката "цената" на единичните аварии може да нарасне. От друга страна сериозна опасност представлява усиливащото се стационарно безаварийно въздействие на технологичните процеси върху околната среда. С други думи опасността става все по-многолика и непредвидима. Характеризирайки новата промишлена революция, нийоркският професор по икономика Дж. Финкълстейн предупреждава: "Не е сигурно, че тя ще донесе изобилие, но с увереност може да се каже, че ще постави начало на ерата на перманентната несигурност".

Трудно може да се дадат прогнози и препоръки за развитието на бъдещото технологично общество. Ясно е обаче, че неговото съществуване ще бъде свързано с внедряването на нови процеси, което ще се основава на нови принципи. А когато трябва да се създава нещо ново, е необходимо да се съблюдава приматът на науката над промишлеността.

Заедно с това трябва да се създават и нови кадри - технолози и менажери, способни за оптимално използване на научните постижения. Това изисква сериозни промени и в сферата на висшето и специално образование. Сега във висшите училища, в духа на традициите, се подготвят специалисти по отделни дисциплини. В бъдеще ще бъдат необходими по-скоро специалисти по определени проблеми: кризите, безопасността, преходните процеси, разпределението на структурните звена в дадено производство и т.н.

Шесто заблуждение: Проблемите, свързани с опазване на околната среда, са прерогатив на определени специалности. Подготвяйки подходящи специалисти, обществото ще решава тези проблеми.

Едва ли има професия, която пряко или косвено да не е свързана с проблемите за опазване на околната среда. Затова опитите те да се монополизират, да се затворят в рамките на една или друга наука или учебна дисциплина могат да имат отрицателни последствия за възпитанието.

Определена вреда на процеса за разпространението на екологичната култура нанася възприемането на екологията като чисто биологична наука. Възникнала в

лоното на биологията, днес правото за чисто биологизаторска интерпретация на екологията остава вярна в такава степен, в каквата нютоновата физика си запазва правата след възникването на теорията за относителността или на квантовата механика.

В същия дух бих си позволил да тълкувам и “интервенцията” на колегите химици в тази област. Напоследък те прекръстиха своя учебен предмет в “химия и опазване на околната среда”. От конюнктурна гледна точка те се оказаха находчиви, но не и от възпитателна. Създава се впечатление, че тяхната наука е приобщена към този проблем, а останалите не са. А това е невярно! (Да оставим съдържанието на учебниците по химия, в някои от които няма и зрънце екологична култура). Със същото основание всички природни дисциплини (а и не само те) биха могли да прикачат към традиционното си наименование етикета “и опазване на околната среда”.

От такава козметика училището няма полза!

В духа на направените разсъждения трябва да потърсим отговор на въпроса:

КАКВО Е МЯСТОТО НА ФИЗИКАТА

при решаването на тези проблеми?

Всички закони, които физиката разкрива, представляват отражение на съществени връзки между явленията в природата. Без тяхното усвояване (както и на законите, които другите природни науки разкриват) не е възможно създаването на правилна стратегия за опазване на околната среда. В този смисъл няма въпрос от физиката, който да е откъснат от разглежданите проблеми. Физиката е призвана да изпълнява важна роля във формирането на екологична култура сред учениците и студентите. Това, разбира се, не трябва да става изкуствено, фрагментарно, кампанийно, а като ежедневна грижа на преподавателите, като задължителен елемент на съдържанието и методиката на обучение по физика.

Проблемите за опазване на околната среда трябва да станат в преподаването на физиката

ОНЗИ ГРУНД, ВЪРХУ КОЙТО ДА СЕ НАНАСЯ ПАЛИТРАТА ОТ КОНКРЕТНИ ФИЗИЧЕСКИ ЗНАНИЯ.

Сами за себе си обаче знанията не са достатъчни, важно е и отношението към знанията, готовността и способността те да се прилагат. Това отношение трябва да се формира в училище. То трябва да научи своите възпитаници, че без съобразяването с “вътрешните правила” на природата, със законите, които я управляват, не е възможен алиансът с нея. Именно с тези правила не се съобрази класическата физика. Според И. Пригожин историята на класическата наука е история на борбата на човека за надмощие над природата. Упоени от големите успехи, учените си въобразиха, че могат да се смятат за победители в тази борба. Екологичната криза, която се разрасна през втората половина на 20-то столетие, е резултат именно на това заблуждение.

Преодоляването на тази криза изисква не само овладяването на новите знания, а и нов стил на мислене. Със съжаление трябва да констатираме, че значителна част от интелигенцията (да не говорим за обикновените хора), в това число и на физическата колегия, не е напуснала в мисленето си рамките на механичната картина на света. В този свят - нютоновския - природата се разглежда като огромна машина, която по принцип човек може да управлява като система, в която всичко е детерминирано.

Новият стил на мислене, в основата на който стоят релативистката и квантова физика, е плуралистичен, вероятностен; той е проникнат от духа на боровския принцип за допълнителността.

Определена отговорност за формирането на този нов стил на мислене носим ние, физиците. Но по обективни и субективни причини ние се лишихме от онова доверие на обществото, което предшествениците ни бяха извоювали (около и след Втората

световна война). Още по-тревожно е, че като цяло науката губи доверието на обществото, отстъпвайки територии на ненауката.

В КРАЯ НА ХХ-ТО СТОЛЕТИЕ НЕВЕЖЕСТВОТО СЕ ОКАЗА ПО-СИЛНО ОТ ЗНАНИЕТО.

“СВЯТ НА УМЕРЕНАТА НАДЕЖДА”

(песимистичен епилог)

Известно е, че биосферата и нейните подсистеми принадлежат към системите с нелинейно поведение. Такива системи са непредсказуеми - в тях причините и следствията не са съизмерими. Казано с езика на математиката, ние живеем в условия на преустройство и катастрофи.

Впрочем човечеството винаги е живяло в такива условия, но темповете на преустройствата са били различни. Още с появата на *Homo habilis* (човекът - умелец), той е започнал да изменя флората и фауната на планетата, да изменя формата на нейната повърхност. На ранните стадии от развитието на цивилизацията това въздействие върху биосферата е било практически незабележимо. Но през последните двеста години то интензивно нараства, в резултат на което биосферата навлиза в кризисен период на своето развитие - в неустойчиво състояние. Предполага се, че тя ще може да премине в ново, устойчиво състояние чрез скок, като измени своя облик и структура. Това ще бъде случаен преход, същността на който трудно може да се предскаже.

Съществува относително голяма вероятност, измежду възможните устойчиви състояния, в които биосферата може да премине, да се реализират такива, които изключват живот на Земята. Ако човечеството няма сили да предотврати преходните процеси в биосферата, то трябва да намери възможности да сведе до минимум неблагоприятните флуктуации, които я тласкат към нежелани от него варианти. Това може да стане при свършено нова система на взаимоотношения между хората и околната среда.

Вярно, човечеството е преживявало веднъж такъв сложен преход - по време на неолитната революция. Но тази революция е продължила хиляди години. Сега ние не разполагаме с много време. Днес темпото на развитие е шеметно. Много сполучливо то е характеризирано от проф. Боулдинг ... ”От момента на моето раждане са се случили толкова неща, колкото са се случили до появата ми на този свят”. Действително, бегъл поглед на постиженията от последните десетилетия: ядрена енергетика, лазерни технологии, кибернетика, компютри и т.н. - показва, че те са се появили след “момента на моето (на моето поколение) раждане”.

От друга страна, можем да се уповаваме на НАДЕЖДАТА, че като компенсация на малкото време, с което разполагаме, днес притежаваме невиджан научен и технически потенциал. Трябва САМО да съумеем разумно да го използваме. Това е сериозен проблем. Става дума за устойчиво развитие на един разединен, неустойчив свят. Събитията през последните десетилетия не ни дават особени основания за оптимизъм в това отношение. Съвсем справедливо Иля Пригожин, който бе удостоен с Нобеловата награда за изучаване на системи, възникващи в условия на неравновесие и нелинейност, нарича нашия свят “СВЯТ НА УМЕРЕНАТА НАДЕЖДА”.

Естествено е да се очаква, че съществена роля в тези преходни процеси ще изпълнява образованието. Сегашните образователни системи обаче не са в състояние да изпълнят своята мисия. Те се развиват в старите схеми на линейните модели. А както вече изтъкнахме, реалният свят се подчинява на нелинейни закони.

Животът е нелинеен, историята - още повече! Моето поколение има възможност няколко пъти да се убеди в това.

Срещал съм едно интересно определение за образованието - това е състезание между цивилизацията и катастрофата. С други думи или цивилизация, или катастрофа. Нашето правителство е избрало своята писта в това състезание, като не поставя образованието сред своите приоритети.

И в този нелинеен свят на умерената надежда, **НАШИТЕ НАДЕЖДИ СТАВАТ ОЩЕ ПО-УМЕРЕНИ.**

План за работата на СФБ - клон София

за периода до ноември 2003 г.

I. Обучение и квалификация.

1. “Физика на сцената 3”:
 - Участие в “Ден на физиката” в Технически университет”. 28 март.
- Отг.: С. Николов (ТУ), Ел. Кашчиева (ХТМУ) и Н. Денев (ТУ).
- Ученически фестивал. До 30 март. - Р. Георгиева и Е. Златкова.
- Ученически конкурс със защита на реферати на теми: ”Физиката в моето съвремие” и “Приложна физика”. До 30 април. - К. Коленцов, Е. Златкова и Г. Георгиев.
- Конкурс за изработване на демонстрационни лабораторни пособия и уреди за кабинетите по физика в две секции: 6 - 8 клас и 9 - 12 клас. 10 май. Политехнически музей. - Г. Русева, Н. Денев, Г. Георгиев, Р. Лефтерова, М. Васковска и Св. Панайотова.
2. Съдействие при провеждането на:
 - “Ден на отворените врати на Физиката” във Физ. Фак. и в Музея на физиката в ИФТТ – БАН. Април-май. - За ФФ - Ст. Пешкалова; за БАН - К. Коленцов.
 - 31-а Национална конференция по въпросите на обучението по физика. 15 - 18 май, гр. Силистра. – Ив. Лалов, Е. Златкова, Л. Вацкичев и М. Израел.
3. Семинар с учителите от София по темата на 31-ата Нац. конференция по въпросите на обучението по физика. Юни. Научно-квалификационен център на СУ, Гьолечица. – Л. Вацкичев, Е. Златкова.
4. Юлски лекторат ”Модерни направления на физиката”. 1 - 5 юли, 10 ч.-13 ч., ауд. А209 на ФФ. – Д. Динев.
5. Участие в септемврийските съвещания на учителите по физика. Септември. Политехнически музей. - Е. Златкова

II. Приложна физика.

1. Поддържане на демонстрационната техника по училищата чрез фирма "Булфизика". Срок постоянен. – К. Коленцов.
2. Организиране и провеждане на 26-тия Колоквиум на тема “Физиката и опазването на околната среда и здравето на човека. Края на юни. – М. Израел. 3. Популяризиране на постиженията в приложната физика през 20 век. Срок постоянен. – К. Коленцов.
4. Оказване съдействие на ИФТТ-БАН за организиране на Музея на физиката. Срок постоянен. – Ант. Желязкова.

III. Социална и културна дейност.

1. 26-и Бал на физиците. Края на м. Април, р-т “Яйцето”. – К. Горанова.
2. Продължаване на дейността на Клуба на физика. Срок постоянен. – В. Бакърджиев.
3. Продължаване на оказването на помощ на ПУ № 1 “Райна Княгиня” в гр. Роман. Срок постоянен. – Ант. Пеева и Р. Дюлгерова.
4. Поддържане на базата данни за търсене работа на физици. Срок постоянен. – Ант. Пеева.

IV. Организационна дейност.

1. Провеждане на редовни заседания на ръководството на Софийския клон. През месец, в четвъртък, 16,30 ч. – Л. Вацкичев, Д. Арнаудова и К. Горанова.
2. Актуализиране картотеката на членове на СФБ. Срок постоянен. А. Пеева и координаторите по общини
3. Използване на учебно-научната база на СУ в м. Гьолечица за мероприятия на СФБ. Пролетта на 2003 г. Л. Вацкичев, А. Пеева и Н. Веселинова.

4. Организиране годишната отчетна конференция на Клона. Ноември, в Гьолечица. – Л. Вацкичев, А. Пеева и В. Салтиел.

V. Финансова дейност.

1. Финансово подпомагане на млади членове на СФБ при участие в научни форуми с доклади. Срок постоянен. – Й. Георгиев.

2. Одобряване на разходите на Клона съгласно проектобюджета. Срок постоянен. – В. Салтиел и Н. Веселинова.

3. Редовно събиране на членски внос и абонамент за “Светът на физиката” Срок постоянен. – Д. Арнаудова.

Списък на координаторите за дейността на СФБ - клон София по общини:

Община	Координатор	Училище	Служ. тел.	Дом. тел.
Банкя	Елона Влахова	Техн. по туризъм	997 72 23	989 88 05
Витоша	Диана Семкова	26 СОУ	56 11 49	58 55 36
Връбница	Славчо Вараджаков	74 СОУ	37 75 26	37 58 70
	Рангел Станков	123 СОУ	23 28 84	23 21 74
Възраждане	Мая Васковска	ОТФМО	31 50 95	76 10 03
Изгрев	Ваня Папазова	СПТУ	73 94 98	45 02 70
Илинден	Снежана Желева	ТСЕ	22 11 86	21 05 60
Искър	Тодорка Георгиева	108 СОУ	79 25 39	76 70 67
Красна поляна	Рангел Станков	123 СОУ	23 28 84	23 21 74
Красно село	Тодорка Чернева	108 СОУ	68 24 16	58 61 48
Кремиковци	Сашка Динева	85 СОУ	47 42 96	946 74 28
Лозенец	Георги Георгиев	Строителен техникум	66 12 71	74 60 40
Люлин	Румяна Георгиева	56 СОУ	24 93 86	26 13 87
	Жанет Бегова	97 СОУ	24 03 08	26 12 39
Младост	Светла Панайотова	81 СОУ	75 91 57	978 85 57
Надежда	Каролина Янакиева	101 СОУ	938 12 27	36 26 70
Нови Искър	Цветанка Христова	171 ОУ	991 47 01	
Оборище	Христина Чакалова	IV раб. гимн.	83 14 87	946 71 05
Овча купел	Галя Русева	ТЕА	56 11 49	920 73 26
Панчарево	Янка Икономова	71 СОУ	982 50 64	79 17 22
Подуяне	Любомира Георгиева	44 СОУ	45 90 19	74 46 14
Сердика	Маринела Любенова	29 СОУ	31 01 70	
	Зоя Чутуркова	ТХТ	39 21 49	62 87 67
Слатина	Мариана Делинешева	138 СОУ	72 06 27	66 65 14
Средец	Румяна Тодорова	6 ОУ	988 17 13	56 34 75
Студентска	Лиляна Петкова	8 СОУ	71 90 35	68 27 14
Триадица	Цветанка Къовлиева	22 СОУ	952 21 18	25 41 65
	Емилия Здравкова	73 СОУ	59 94 10	68 48 90

Доц. КОНСТАНТИН ВЛАДИМИРОВ СТАМЕНОВ **(1925 – 2003)**

На 10 януари 2003 г. почина доцент Константин Стаменов, един от най-авторитетните и обичани преподаватели, оставили незаличима следа в развитието на Физическия факултет на СУ. Един от родоначалниците на лазерната физика у нас, той постави основите на направлението Квантова електроника и лазерна техника във Факултета и създаде катедра Квантова електроника, на която дълги години бе ръководител. Основаният и ръководен от него Институт по лазерна техника постигна съществени успехи в разработването и приложението на лазерите. Забележителната му всеотдайност и завидните му организаторски способности бяха всепризнати и той заслужено бе удостоен със званието “Заслужил деятел на науката” и носител на Почетния знак на Софийския университет – синя лента. Бе и заместник декан на Физическия факултет. Съавтор е на над 70 публикации.

След пенсионирането си през 1986 г. и до последния си ден доц. Стаменов продължаваше с неизтощима енергия да предава своя безценен опит и да помага в работата на Катедрата и на Института. Доц. Константин Стаменов е почетен член на Съюза на физиците в България.

На 28 януари 2003 г. Факултетният съвет на Физическия факултет реши аудитория № 428 в сграда Б да се нарича “Аудитория доцент Стаменов”.

Доцент Константин Стаменов беше неизтощим в безкористните си грижи за научното израстване на младите и даде начален тласък на не една успешна научна кариера. Той беше учител, голям алтруист и просто един истински Човек.

Дълбок поклон пред светлата му памет!

В ПАМЕТ НА АЛЕКСАНДЪР МИХАЙЛОВИЧ ПРОХОРОВ

На 8 януари 2003 г. се навърши една година от смъртта на академик Прохоров - Нобелов лауреат, световно-известен учен, един от основоположниците на най-съвременното направление във физиката - квантовата електроника, създател и дългогодишен директор на Института по обща физика на Руската Академия на науките, високоуважаван общественик, гениална личност.

Житетският път на Александър Михайлович Прохоров е ярък и изключително динамичен, посветен до последните си дни на голямата наука и благо на страната си. Този път е започнал необичайно и удивително на 11 юли 1916 г. в Австралия (г. Атертон) в семейството на руски работник-революционер, принуден да емигрира заради преследване от царския режим, и е продължил на руска земя след 1923 г., когато семейството се завръща.

През 1939 г. Александър Михайлович завършва с отличен физическия факултет на Ленинградския университет и започва своята аспирантска работа във Физическия институт "П. Н. Лебедев" на Академията на науките на СССР, прословутия ФИАН под ръководството на В. В. Мигулин. Предмет на изследванията му е разпространението на радиовълните около земната повърхност. В последните довоенни години той вече е предложил оригинален радиоинтерференционен метод за изучаване на йоносферата.

Втората световна война прекъсва неговите научни изследвания. От самото й начало той е в редовете на Червената армия, воювайки в пехотата и в разузнаването, за което е отличен с медал "За отвагу". След второ тежко раняване, през 1944 г. той е демобилизиран и се завръща към работата си във ФИАН.

От този период са неговите изследвания в теорията на нелинейните колебания и методите за стабилизиране честотата на радиогенераторите. Тези изследвания са в основата на защитената от А. М. Прохоров кандидатска дисертация. Директорът на института С. И. Вавилов веднага го назначава на длъжност старши научен сътрудник и той оглавява работата в областта на генерация на милиметрови вълни с помощта на синхротрон. Успява да реализира нов режим на генерация на вълни в синхротрон и върху тези резултати през 1951 г. успешно защитава докторска дисертация.

Така започва работата му в новото научно направление - радиоспектроскопия. Привлича към тези изследвания способни млади хора, които стават негови бъдещи сътрудници в новата руска школа по радиоспектроскопия, заела бързо първи позиции в световната наука. Александър Михайлович привлича към тази школа и Н. Г. Басов и заедно се заемат със създаването на генератор от нов тип за сметка на индуцирано излъчване на електромагнитни вълни от възбудени молекули в молекулярен сноп. Независимо от Чарлз Таунс, работещ в САЩ, те извървяват пътя от радиоспектроскопа до създаването на молекулярен генератор на базата на амоняка. В работата над тези проблеми най-пълно се проявява творческият почерк и задълбоченост на Александър Михайлович като учен и организатор в науката. Изпъкват най-важните му качества - непрекъснат интерес към търсене на новото, безпогрешен избор и откриване на най-актуалните области на изследване, широко използване на най-новите теоретични идеи и експериментални методики, които в крайна сметка довеждат до бързо движение и решаване на фундаментални проблеми. В тези години той формулира главните принципи и полага физическите основи на квантовата електроника. А. М. Прохоров и Н. Г. Басов предлагат принципно нов метод за създаване на инверсна населеност в система с три нива, получила названието метод за оптическо напомпване. Александър Михайлович предлага през 1958 г. използването на открит резонатор при по-късовълновите дължини, което полага фундамента на лазерите и оптическата квантова електроника.

Трудовете на Прохоров и Басов получават широко признание и висока оценка, за което им е присъдена през 1959 г. Ленинска премия в областта на науката и техниката и за създаване на нов метод за усилване и генерация на електромагнитни вълни, а през 1964 г. заедно с американеца Ч. Таунс им е присъдена и Нобелова награда по физика.

Научната работа на Александър Михайлович до последните дни от живота му бе свързана със създаването и развитието на квантовата електроника и разнообразните ѝ научни и практически приложения. С неговото име е свързано раждането и развитието на много направления на съвременната оптика и лазерна физика, сред които са нелинейната оптика, влакнестата оптика, физиката на взаимодействие на мощно лазерно лъчение с веществото. В изброените области на Прохоров принадлежат огромен брой идеи и резултати като разработването на теорията и експерименталното потвърждение на многофокусната структура на самофокусировката на вълновите снопове в нелинейна среда, създаването на теорията за разпространение на оптичните солитони във влакнести световоди, определяне характеристиките на лазерната плазма при различни режими на възбуждането и изследване фундаменталните механизми на разрушение на прозрачните твърди тела под въздействието на мощно лазерно излъчване, откриването на светохидравличния ефект. Той оказа огромно влияние при създаване на високоефективни квантови усилватели на СВЧ и прилагането им за космични връзки и в астрономията, производството на промишлени лазери за технологиите и медицината.

Безспорен е приносът на Прохоров за създаването на първите комуникационни системи, включително на първите влакнесто-оптични кабели за предаване на телевизионни сигнали в бившия Съветски съюз. А. Михайлович притежаваше изключително широки научни интереси, дълбока ерудиция в много области на физиката и други близки науки. Това привличаше при него много учени и специалисти от различни направления на науката и техниката. Той възпита много млади учени, израснали в съвместната им работа до академици и член-кореспонденти, които стават негови последователи в научно-организационната работа на новосъздадения от Прохоров Институт по обща физика към Академията на науките.

Връзката на Прохоров с България, с БАН и особено с Институтите по физика на твърдото тяло, по електроника, по обща и неорганична химия, с Централната лаборатория по оптичен запис и обработка на информация, с Физическия факултет СУ е значима и плодотворна. Акад. Прохоров посещава България с ръководена от него научна делегация през септември 1977 г. в ролята си на председател на Отделението за обща физика и астрономия на АН на СССР. Делегацията се запознава със състоянието на физиката на твърдото тяло, квантовата електроника, лазерната техника и други научни направления в България. В резултат на това посещение се уточняват важните за развитието на нашата страна фундаментални научно-изследователски и производствени области за години напред.

На тази база и сътрудничеството между АН на СССР и България бяха реализирани редица договори по съвместни научни програми, включващи обмен на специализанти и обучение на аспиранти в институтите на двете Академии. Така от края на 70-те години на 20 век в ИОФАН - Москва са работили над дисертациите си десетки български учени. Малко известен е фактът, че повечето от нас, бившите аспиранти от ИОФАН, са работили и защитили кандидатски дисертации по теми, предложени лично от Александър Михайлович в областта на лидерните изследвания, газоанализ на атмосферни замърсявания, влакнестата оптика и комуникации, изследване и създаване на лазерни системи. Личностното въздействие на Прохоров налагаше в ИОФАН атмосфера на деловитост, мащабност в научната работа, разбиране и

протекция на важното и същественото, което той истински умееше. Семинарите, на които присъстваше, носеха голям заряд и научна удовлетвореност. За нас, неговите ученици, беше и остава чест, че работихме в ИОФАН, под ръководството на Александър Михайлович.

Въпреки огромната си заетост академик Прохоров, уважи с присъствието си Първата международна школа по физически проблеми на кондензираното състояние на веществото, проведена в България през 1980 г., също така и като официален гост – Третата научна конференция на българските аспиранти, обучаващи се в СССР, през 1986 г. в Москва.

Сътрудничеството между ИОФАН, под ръководството на акад. Прохоров, и ИЕ на БАН благоприятства създаването и развитието в ИЕ на радиофизиката и квантовата електроника като приоритетни направления. Способства за създаването на първите в България лазери и лазерни локатори, параметрични СВЧ усилватели, влакнесто-оптични комуникационни системи за пренос на информация.

За големия си принос към развитието на българската наука, акад. Прохоров е избран за чуждестранен член на Българска академия на науките през 1983 г.

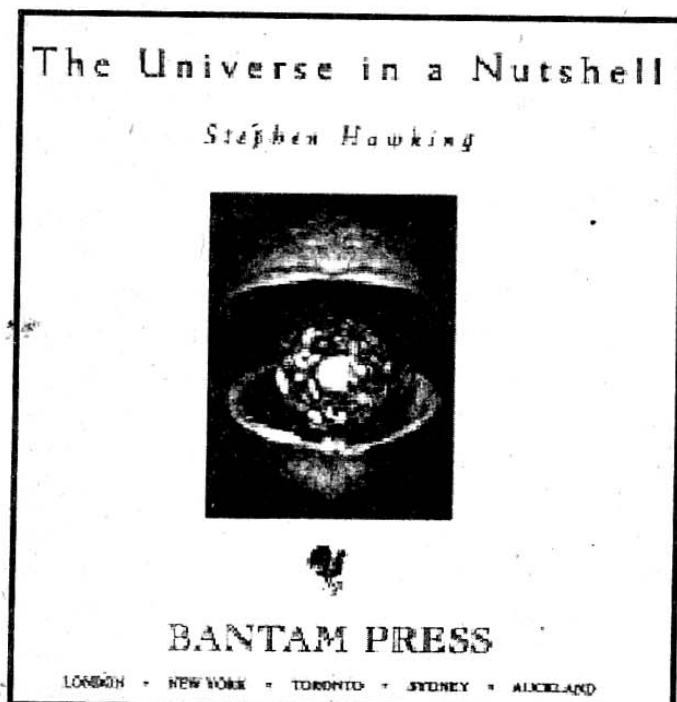
Огромните заслуги на Александър Михайлович Прохоров са многократно и високо оценявани, както в Русия, така и от световната научна общественост. Името на акад. Прохоров – големият учен и общественик, завинаги ще остане в историята на човешката цивилизация.

Бившите аспиранти от ИОФАН

СТИВЪН ХОКИНГ НЕ Е ПРАВ

Рецензия на книгата на Стивън Хокинг "Вселената в орехова черупка"
(The Universe in a Nutshell, Bantam Press, 2001)

Хилари Лоусън



Представата, че можем да разкрием природата на света чрез комбинация от внимателни наблюдения и логика води началото си от възникването на самия научен възглед за света. Това е било мечтата на века на Просвещението и даже можем да твърдим, че този възглед лежи в основата на съвременната западна култура. Мотивираща и освобождаваща сила, той ни дава чувството за прогрес, чувството, че за разлика от предишните култури и другите общества ние сме поели по пътя на истината. И въпреки всичко това този възглед е дълбоко погрешен.

В заключителните страници на своята "Кратка история на времето" (български превод, изд. *Наука и изкуство*, София, 1993 г.) Стивън Хокинг говори за всестранното обезличаване на съвременната философия, привеждайки аргументи, че тя се е свила до анализ на езика. В прибързаността си да пренебрегне философията той си позволява да прояви погрешно разбиране не само за езика на света, но и за неговата природа. Хокинг прави простата грешка да предполага, че нашето описание на света и самият свят трябва да са едно и също нещо. Описвайки света, ние го разделяме на отделни неща и предмети: дървета и къщи, хора и събития, звезди и планети, атоми и молекули. Но светът не е предмет, нито комбинация от неща и предмети, защото тези категории – тези разграничения (closures), както аз ги наричам – са следствия от нашите описания. В действителност светът е отворен и ние сме тези, които го затваряме в рамки. Чрез нашите разграничения ние схващаме същината на света като неща и предмети и извън тези неща и предмети ние създаваме сценарии за света и строим модели, които ни дават възможност за намеса в реалността. Но тези сценарии и модели не са самият свят и по принцип не могат да се приближат до него.

Светът не идва при нас предварително пакетирани и разделени на частите си. Ние не сме в някакъв космически супермаркет, където да търсим облепените и загънати поотделно елементи на реалността. Всъщност ние се намираме в една безкрайност и

за да я почувстваме, да имаме някакви средства за интервенция с определен ефект в нея, ние създаваме разграничения. Ние не извеждаме разграниченията си във вакуум. Ние се намираме в мрежа от лингвистични разграничения, вече създадени, осъзнати и обработени от нашата култура в продължение на поколения. Като биологични организми, чрез еволюцията ние вече имаме настройката да генерираме определен тип сензорни разграничения. Ние приемаме тези биологични и сензорни системи от разграничения не защото са истинни, а защото са доказано полезни за нас.

Съвременните астрофизични теории с техните истории за Големия взрив, черните дупки и антиматерията оставят у нас чувството за научна фантастика. И това всъщност е техният смисъл – те са разкази на съвременната наука. Тези разкази не са свободни – в тях не е позволено да се казва *всичко*. Защото разказите на науката имат вътрешна логика, която ги движи напред. И те често са полезни. Ние наистина живеем чрез нашите разграничения. Но не трябва да си въобразяваме, че по този начин сме уловили тайните на Вселената. Не следва и да предполагаме, че не съществуват безброй алтернативи, предлагащи други начини на описание на света, които да са също толкова валидни.

Разграниченията на съвременната наука изглеждат необходими, защото са заели мястото си в системата от разграничения, построена и защитавана векове наред. Когато Хокинг описва Вселената като гигантско струпване от галактики, които се взривяват в пустотата на пространството, задвижено от енергията на първоначалния Голям взрив, това е последица от историята на предходните разграничения. Те са така комбинирани, че карат читателя да си мисли за разграниченията на Хокинг като за единствените възможни. А други възможности има и то на всички нива на обяснение – от най-фините детайли до най-общите теории. Възможности, които да уловят някакъв аспект на реалността по различен начин, които да обърнат внимание на една по-различна картина и на някои по-различни взаимовръзки, и които като следствие биха могли да предложат други цели и други пътища за интервенция в реалността.

В новата си книга “Вселената в орехова черупка” Хокинг разглежда нютоновата представа за движението и неговата теория на гравитацията като начална точка на съвременните научни представи за Вселената. Вместо това ние трябва да гледаме на Нютон като на инициатор на сложна и елегантна система от разграничения. Централното положение, което заема Нютон в науката и нашата култура въобще скрива ограниченията на неговата теория. Ние сме заслепени от неговата значимост и влияние и затова надценяваме механизма на неговите разграничения.

От Нютон насам всеки ученик знае, че ябълката пада от дървото поради гравитацията. Но и досега гравитацията не може нито да се детектира, нито да се идентифицира. Ние виждаме само нейните последиствия. Нютон заменя една загадка, падащата ябълка, с друга – по-дълбока, с наличието на нещо, което **не може да се види** или пипне, и което предизвиква промени мигновено на всякакви разстояния. Обяснението на Нютон е не по-малко загадъчно от обяснението, че **ябълката пада на Земята**, защото Господ е направил така да стават нещата. Така **сме стигнали до използването на представата за сила, която сега ни изглежда рутинна. Все още теорията**

на Нютон, която пропагандира, че светът е зает от недетектируеми и загадъчни сили, изглежда странно. Има доказателства, че самият Нютон бил загрижен относно мистичното по същината си ядро на своята теория (както Айнщайн по-късно ще има подобни грижи със своята теория).

В нютоновата теория има също така и един затворен кръг – в повечето време ябълките изобщо не падат, а са си на дървото. Поради това Нютон трябва да предположи, че действа друга сила, която задържа дадена ябълка на дървото и че тази сила е строго равна на гравитационната, но е насочена противоположно. И подобно на гравитацията, тази сила е също толкова недетектируема. Нютоновото обяснение за промяна е “сила”, но за всеки контрапример, който решим да предложим, Нютон просто въвежда нова сила, която е колкото неидентифицируема, толкова и недоказуема. Този затворен кръг може да изглежда като слабост на теорията, но всъщност нейната голяма сила е точно в това, че тя не може да бъде оборена. Затвореният кръг е този, който осигурява здравото ядро, от което тръгваме при построяването на системата на нашите разграничения. Където теорията е доказано полезна, тя трябва да се използва. А където не е, обяснението на нейната невалидност предполага сложна амалгама от други сили, които са причина за неуспеха. Така паяжината на обясненията и разграниченията непрекъснато нараства. С времето рамките на нютоновата теория позволява и на другите да разширяват и развиват системата от разграничения и днес ние имаме огромна мрежа от обяснения, които представляват съвременната научна картина на света. При все това в самата си сърцевина системата на Нютон и нейната мрежа от сили остава точно толкова загадъчна, колкото в момента на създаването си, а нейните обяснения не са нищо друго освен следствия от затворения кръг – резултат от реакцията на поредицата от предишни неуспехи на системата.

Преди Нютон и Коперник системата на Аристотел и Птолемей предполагаше, че движенията на звездите и планетите трябва да се обясняват чрез движенията на огромни небесни сфери. В контекста на възгледите на Нютон и на нашето съвремие тази система е напълно погрешна. И все пак векове наред тя е била в състояние да предсказва движенията на звездите и планетите със забележителна точност. Тя се е използвала от моряците за навигация в океаните и е могла да предсказва такива нерегулярни и редки явления като затъмненията. Следователно успехът на една система от разграничения не се дължи на това дали тя описва точно света. Нейният успех се дължи на възможностите, които тя ни дава за интервенция в това, което ние смятаме за реалност. Научните разграничения не са полезни заради това, че отговарят на истината. Ние поддържаме тезата, че разграниченията са истинни само защото вярваме в ползата от тяхното прилагане.

Тринадесет години след своята “Кратка история на времето”, Хокинг във “Вселената в орехова черупка” трябва да приеме, че целта на теорията на всичко (theory of everything) не е станала по-лесно достижима. В действителност самата структура на новата книга е илюстрация на неуспеха на този грандиозен проект. Защото вместо в книгата да се развива последователно един обединен (общ) подход, ние виждаме

поредица от откъслечни мимолетни впечатления върху отделни аспекти на съвременната физика. Без съмнение тази структура се дължи частично и на изискванията на популяризацията, за да се направи книгата както различна от другите, така и достъпна за широката публика. Но има също така и по-дълбоки причини. Опитът да се опише съвременната физика като единен и последователен разказ прави пропуските и слабостите на този разказ по-забележими. Неподредените мимолетни впечатления позволяват да се прикрият неуспехите на научните разграничения и въпросите, които биха възникнали – да се оставят без отговор. Нещо повече, има признаци, че и самият Хокинг започва да разбира ограниченията на собствения си подход. Сега той описва себе си като позитивист в смисъл, че ние имаме само такива доказателства, които ни позволяват да предпочетем един модел пред друг, но не и да заключим дали моделът наистина отговаря на реалността. Ако Хокинг направи и следващата стъпка и осъзнае, че различните модели не са просто описания на една и съща реалност, а сами по себе си допускат различни реалности, ние ще стигнем по-близо до природата на затрудненията на човечеството и до природата на научната картина (на света), която самият той пропагандира.

Ако искаме да прогресираме в разбирането на собствената си природа и света, ние се нуждаем от теория на разграниченията. Без такава теория рискуваме да объркаме механизмите на нашите разграничения с механизмите на реалността. Такава теория ще трябва подробно да обясни как става така, че даже ако разграничението няма нищо общо с реалността (орепness), то все пак е в състояние да позволява точни и ефективни интервенции в нея. Тази теория ще трябва също да обясни как така е възможна сама по себе си една теория на разграничаването.

Преди век лорд Келвин декларира, че “сега няма нищо ново за откриване във физиката. Всичкото, което остава, са повече и повече измервания”. Тези, които подобно на Стивън Хокинг днес предполагат, че са пред прага на завършването на окончателната теория, ще се окажат в същото неловко положение. Ако вместо това науката се откаже от своите метафизични претенции и престане да смята, че разкрива естеството на света, от това тя ще стане по-силна, а не по-слаба. Тя ще се окаже в по-доброто положение просто да се занимава с нови теории и да достига до нови разграничения, които да доведат до по-ефективна интервенция в това, което приемаме за реалност. Така както науката показва ограничеността на разграниченията на църквата, по същия начин ние сега трябва да се примирим с извода за ограниченостите, присъщи на разграниченията на науката. Трябва да ги възприемаме такива, каквито те са – начини за постигане отвореността на света.

Превод: Валери Голев

(Hilary Lawson, *Stephen Hawking is wrong*, “Prospect”, November 2001)

* * *

ДЕМОНЪТ В ЕТЕРА: ЖИВОТЪТ НА ДЖЕЙМС КЛАРК МАКСУЕЛ

Мартин Голдман

Част I.

Из уводната Глава 1



Дж. Кл. Максвел

Джеймс Кларк Максвел преобрази из основи две области на физиката - статистическата механика и електромагнетизма. В статистическата механика той развива идеята, че газовете са съставени от молекули, които с ударите си по стените на съда упражняват ефективно налягане. Не е възможно да се пресметне движението на всяка отделна молекула, но той успява да покаже, че в газа се установява определено статистическо разпределение на скоростите - разпределение на Максвел. По този начин той въвежда във физиката идеята за вероятност и с нейна помощ успява да изчисли много от свойствата на газовете. Така например той предсказва, че вискозитетът на даден газ, т.е. съпротивлението спрямо движещите се през него тела, трябва да не зависи от налягането. Това е твърде неочакван резултат, но Максвел сам осъществява експеримента, с който доказва неговата правилност.

В електромагнетизма той заварва голям масив от експериментални данни и няколко независими теории, обясняващи отделни негови части. Максвел възприема изобретеното от Фарадей обединяващо понятие “силови линии” и споява в едно цяло електричеството и магнетизма с помощта на само четири прости математически формули - уравненията на Максвел. От тях той предсказва, че е възможно в пространството да се излъчи електромагнитна вълна. Когато намира нейната скорост, става ясно, че тя е същата като тази на светлината: светлината е само една от проявите на тези вълни. Оптиката вече не е отделен клон на физиката, а раздел на електромагнетизма. Развитата от Максвел теория на полето е централна във физиката на 20 в.

В оптиката Максвел прави фундаментални изследвания върху физиката и физиологията на цветното зрение. Той помага да се докаже, че нормалното око разполага с три вида рецептори, чувствителни съответно към червената, синята и зелената светлина. Той показва, че далтонизмът е следствие от липсата на някой от тези рецептори. Един особен ефект на петно, което повечето хора виждат при гледане в синя светлина, е известен като “петно на Максвел”. По това време фотографията добива голяма популярност, а Максвел пръв прави цветни снимки.

В термодинамиката Максвел написва стандартен лекционен курс и в него извежда цяла серия от полезни съотношения, без дори да осъзнава, че преди него те са били

неизвестни, поради което по-късно те са наречени “релации на Максвел”. В астрономията той се интересува от структурата на пръстените около Сатурн, като показва, че е невъзможно те да са твърди или течни, а трябва да са съставени от множество твърди частици. Максвел също е направил важни открития в областта на топологията, написал е основополагащ труд в областта на кибернетиката, изобретил е реципрочните диаграми, полезни за инженерството, допринесъл е в теорията на оптичните уреди и в теорията на индуцираната от механични напрежения двойна рефракция на кристали, а заедно с това показва как лист хартия пада, люшкайки се, към земята.

Целият този феноменален по обем и качество труд е извършен от човек, който е доживял едва до четиридесет и осем годишна възраст.

Максвел е размишлявал много върху философията и психологията на науката и с това косвено позволява донякъде да се разберат особеностите на неговото творческо мислене. Геният никога не може да бъде напълно разбран. С това би се съгласил и Максвел, който в статия от 1873 г., посветена на неговия приятел Фарадей, пише:

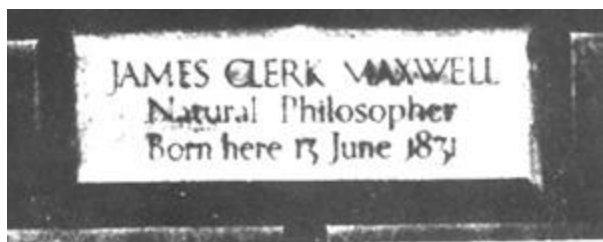
Всеки велик човек е уникален. Всеки е със своята област на изява и със своето място в историческата процесия на мъдреците. Това място не е съществувало даже във въображението, докато той не идва да го запълни, и никой не може да го наследи от него, когато той си отиде от този свят.

Логическата мисъл и въображението са две дарби, които трябва да притежава всеки добър изследовател. Максвел ги е притежавал, но едва ли в по-голяма степен от мнозина негови съвременници. В добавка обаче той е притежавал усет и упоритост. Упорито е размишлявал върху проблемите, формирал е заключенията си, но после, без да е приключил с въпроса, продължавал години наред да размишлява над него, опитвал различни подходи, за да прибави нов пласт към нашите знания.

Усетът е качество, което не се поддава на определение, но се отгатва безпогрешно. Чудесен пример в това отношение е начинът, по който Максвел се е справил с проблема за специфичните топлини на газовете. Количеството топлина, необходимо за повишаване температурата на дадено количество газ с един градус, е различно за газ при постоянно налягане или при постоянен обем. Забележително е, че отношението на тези две величини дава много сведения относно вътрешния строеж на газовите молекули. Максвел успява да изчисли стойностите на това отношение за газ от едноатомни молекули и за газ от многоатомни молекули. Експерименталните резултати обаче попадат точно между тези две стойности, което е направо невъзможно. Така Максвел се оказва пред случай на твърде успешен статистико-механически модел на газовете, който обаче в един малък пункт се пропуква. Заловен в капана на такава дилема, ученият може да реши или че експериментът греша, или да се опита да “поправи” изчисленията си, но може и да допусне, че в дълбочина се крие нещо, което той не знае как да обясни. Разбираемо е голямото изкушение да се приеме една от първите две възможности. Максвел обаче е имал смелостта да приеме за верни както експеримента, така и своите изчисления: той допуска, че нещо не е наред в цялостния въпрос. И наистина парадоксът на специфичните топлини чака своето решение още цели четиридесет години, а решението му изисква радикално новата теория на квантовата механика.

По-нататък ще се опитаме да обхванем възможно най-много страни от живота и творчеството на Максвел. Ще започнем с кратка история на развитието на научните изследвания в Шотландия, която по едно и също време създава толкова много надарени учени, както и с историята и някои от традициите на фамилията Максвел (Гл. 2 и 3).

След това ще преминем към училищните години на Максвел в Единбург (Гл. 4), както и първите три години от обучението му в Университета на Единбург (Гл. 5) и ще се уверим колко важен е бил този период за формирането на неговия характер. Висшето си образование Максвел формално завършва в Кеймбридж, където е назначен като сътрудник в колежа Тринити (Гл. 6). Пет години по-късно напуска Кеймбридж вече като зрял учен и става професор по физика в колежа Маришал на Абърдийн (Гл. 7), по-късно преминава в Кралския колеж на Лондон (Гл. 8) и накрая се оттегля в семейното имение Гленлеър в Галоуей (Гл. 9 - 12).



Домът в който се е родил Максвел – Единбург, Индия стрийт. Горе – мемориалната плоча.

Максуел не е спазвал последователност в своята изследователска работа. Той е можел да публикува статия по електромагнетизъм, след което да се заеме с редица други неща, да се върне към електромагнетизма едва след пет години, и да започне с нови идеи там, където е прекъснал. Поради това на изследванията му са посветени различни глави, всяка от които проследява не хронологичната, а логическата последователност на развитието на неговите идеи.

Максуел е трябвало да прекъсне занятията си в спокойната обстановка на имението си, след като с призови към неговото чувство за дълг той е бил привлечен да стане първи професор по експериментална физика в Кеймбридж (Гл. 13) и именно в Кеймбридж той умира през 1879 г. Последната глава (Гл. 14) е посветена на научното

наследство на Максвел и влиянието, което неговите идеи са оказали върху развитието на науката.

Глава 6

Образователната система на университета в Кеймбридж се е основавала на изпита Трайпс*. За един начинаещ учен е било важно да се представи добре на Трайпс, тъй като той е представлявал основата за всяка следваща оценка на заложите му, независимо от по-нататъшните негови постижения. Това се е отнасяло не само за естествените науки, но също за хуманитарните: за да получи почетна титла по латински или гръцки, класическият филолог е трябвало да се представи задоволително на математическия Трайпс. Всеки, който е показал добър резултат на Трайпс, е бил смятан за много перспективен кандидат както за съдия във върховния съд, така и за архиепископ. За да се кандидатираш за премиер-министър, е било важно какви са родителите ти и дали потеклото ти е от синя кръв, но успехът в Трайпс също е бил от значение. Близко четиридесет от епископите на английската църква през първата половина на 19 в. са достигнали своя ранг благодарение на това, че на времето си са спечелили титлата Wrangler (буквално “кавгаджия”; бел. прев.), т.е. били са начело в Трайпс.

Що за свиреп изпит е било това? През зимата на четвъртия курс от следването в Кеймбридж, в продължение на седем пълни дни, непрекъснато са се полагали изпити; трябвало е да се отговори на общо двеста въпроса. Нямало е ограничение за броя на опитите за отговор. През първите три дена изпитите са се основавали главно върху стандартни учебници (Евклид и Нютоновите *Principia*) и за повечето студенти е било достатъчно да издържат тези изпити. Онези, които са искали да постигнат почетни степени - в класическите науки и в математиката, - е трябвало да издържат още четири дена на по-трудни задачи. Накрая най-добрите математици са се явявали на последния изпит - за Наградата на Смит. При все че тази награда не е била така популярна като Трайпс, за професионалистите тя е била значително по-ценна, защото задачите са били много по-трудни и вече не е помагало доброто наизустяване на книгите, което е било много полезно в началните етапи на Трайпс за кандидатите с почти автоматизирана техника на математическо решаване.

Университетската подготовка е била така устроена, че да прави от студентите почти автомати за издържане на изпити. Самите лекции са се посещавали по желание, а основната част на обучението се е осъществявала с помощта на частен наставник (tutor); правели са се ежедневни групови занятия с платен преподавател по математика извън системата на колежа. Задачата на този преподавател е била да подготви студентите да се справят с изпитите на Трайпс. Тъй като тази работа е била основен източник на доходи за частния наставник, за него е било важно възпитаници му да покажат високи резултати и затова подготовката е била изцяло ориентирана към взимането на тези изпити. Студентската група системно е била подлагана на изпити със засичане на времето; студентите са се учили да пишат бързо и правилно, тях са ги обучавали на различни хитрости и бързи начини за решаване на задачи, а самите основни принципи на предмета са оставали извън обсега на занятията. Наставникът е трябвало да бъде като “надзирател на роби” и от него се е изисквало да бъде безпощаден. Самият Максвел е бил с наставник, чиято група се е състояла от 15 души.

Като изключение от правилото на частните наставници се сочи колежът Св. Джон, който много често е печелел на Трайпс. Там една поредица от колежански наставници, последният и най-известният от които е бил Айзак Тодхънтър, са тренирали своите отбори буквално до клинична форма на автоматизъм. През същата година се е очаквало, че Старши Ренгълър (абсолютен първенец) ще стане Уилям Томсън, който не само бил с блестяща подготовка (вече бил осъществил фундаментални изследвания), но

и много находчив. Обаче на арената се появил съперник - Самюъл Паркинсън от Св.Джон. Ето как е описана тази надпревара:

Смяташе се, че Джошовците нямат добри състезатели, а и те мислеха така. Но изведнъж техният най-силен кандидат се появи с гръм и трясък. Преди изпитите за него се говореше само че може да е сред първите шестима, но изведнъж се оказа, че е кандидат за най-високите отличия. Проф. Е. пръв беше разбрал, че може така да стане, когато забелязал, че той пише с правилността и скоростта на машина и помита всичко пред себе си. А когато се запознал с написаното, той не можал да повярва, че за такова кратко време е възможно да се изпишат с мастило толкова много листове (да не говорим колко правилно е било написаното), макар че видял всичко това със собствените си очи.

Паркинсън, който през последните шест месеца тренирал решаване на математически задачи със засичане на времето и с бързопис развил китките си, наистина излязъл на първо място, макар че Томсън се реванширал, като убедително го изпреварил на състезанието за наградата на Смит.

Години по-късно Келвин разговарял за някои от тези неща с Лорд Рейли и за щастие там е присъствал Р. Стрът, синът на Рейли и негов биограф. Те започват разговора по повод Чалис, професор по астрономия в Кеймбридж, който търсел, но не успял да открие Нептун:

Рейли: Чалис притежаваше забавното свойство да хваща пръчката откъм погрешния ѝ край. Спомняш ли си как той говореше за своя "закон" в хидродинамиката?

Келвин: Да. Той ми постави този въпрос, когато ме изпитваше за Наградата на Смит. Стори ми се, че той не е правилен и същата вечер казах това на Стоукс, но той вече знаеше това.

Рейли: Стоукс е знаел, че той не е верен?

Келвин: Да. Но Паркинсън все пак го доказа.

Рейли: Искаш да кажеш, че го е доказал като Чалис?

Келвин: Да.

Р. Стрът: И с това сигурно е спечелил много точки.

Келвин: Несъмнено е спечелил.

Метеорологичното време поставяло още едно препятствие в надпреварата на Трайпъс: изпитът се провеждал през началото на януари в ректората на Кеймбридж. А хората в Кеймбридж отдавна са на мнение, че няма физическа преграда, която да им пречи да се наслаждават на бръснещите сибирски ветрове. Макар географски това да не е много вярно, психологически е напълно разбираемо.

Зимният сезон може да стане съществен фактор за издържането на изпита. Сградата на ректората е с просторни помещения, техните подове са каменни и в мразовито или влажно време отоплението далеч не е достатъчно. Поради това човек със слабо кръвооросяване на крайниците може много трудно да пише. Спомням си, че през моята първа година в Кеймбридж един от най-добрите хора на Тринити, който по-късно стана известен учен, поради студа изостана с близо петнадесет места в конкуренцията за Ренгълър, както сам той твърдеше, а и последващите му успехи потвърждаваха това.

Разбира се, далеч не всички студенти са потенциални Ренгълъри. Някои от тях идват от богаташки семейства и целта им е само да получат известна образователна шлифовка, а поне една трета от студентите се готвят за църковна работа. За тях почетните награди са без особено значение, а именно те съставят най-широката група в университета. Пиенето, гребането и комарджийството са любимите занятия, а най-зловреден от всички е билиардът и “когато младият човек се пристрасти към него, той рядко намира време за системни занимания с нещо друго”. Като се прибавят и конните надбягвания, става ясно, че дори малкото илюзии, с които Максвел отива в Кеймбридж, много бързо се разсейват. Нещата започват да се подобряват, когато Максвел преминава в Тринити. Първоначално той постъпва в колежа Питърхаус (където преди него са били Томсън и Тейт), който е малък, но с високо реноме. Поради големия брой на добрите математици в него колежанският наставник дава съвет на Максвел да се премести в Тринити, за да се повишат шансовете му да получи стипендия.

Съветът се оказва направо чудесен. Един от съперниците на Максвел в Питърхаус е Едуард Джон Раут, който действително става Старши Ренгълър в годината на Максвел (каквото става Тейт две години по-рано). Раут не е просто автомат, той е много добър математик, който по-късно прави някои много хубави открития и в качеството си на колежански наставник в Питърхаус поддържа високото ниво на математиката в този колеж.

По-късно Рейли ще пише:

Винаги съм мислел, че научните заслуги на Раут са били подценявани. Предполагам се погрешно, че силната му заетост с наставничеството би му оставяла малко възможности да се занимава с нещо друго.

В действителност Раут прави някои много съществени изследвания, между които е употребата на обобщени координати, развитието на Лагранжевия метод, както и откриването на математическа величина, наречена на неговото име - Раутиан.

Тринити е най-големият от колежа в Кеймбридж и с най-либерална атмосфера. Там Максвел попада в група от близки до неговите разбирания състуденти, сред които талантите му скоро ще се развият. След като стават известни неговите резултати от изпитите за първата година, Максвел е “приет” за петнадесети член в Трайпс отбора на Уилям Хопкинс. Последният имал в Кеймбридж славата на създател на Ренгълъри. Почти всяка година неговите студенти се представят добре на Трайпс. А когато това става закономерност, той залага на репутацията си и изчаква края на първата учебна година, за да обере каймака на випуска и да събере отбора си. Още по-забележително е, че мнозина от неговите отличили се в Трайпс състезатели след време стават знаменити учени: Стоукс, Томсън, Тейт, Раут, самият Максвел, Елис и Кейли - всички са Ренгълъри, подготвени от Хопкинс. Макар че ги тренира в изпитната техника, той все пак съумява да *не* задуши техните истински научни заложби и тъкмо това е неговото действително постижение.



*Младият Максвел в Кеймбридж.
В ръцете му е трицветният кръг.*

Това вероятно се е дължало, поне отчасти, на факта, че самият той е бил практикуващ учен. На младини той бил дребен земевладелец, но когато съпругата му умира, решава да се запише за студент в Кеймбридж. Представя се добре на Трайпъс, но не може да стане член на колежа, тъй като вторично се оженва, поради което остава в Кеймбридж като частен наставник. Заедно с това поддържа широки интереси към всички области на науката, става съосновател на Британската Асоциация, развива оригинални идеи в геофизиката (вероятно го е вдъхновявало миналото му на земеделец). Прави изследвания върху вътрешната структура на Земята (Томсън използва резултатите на своя бивш наставник като оръжие в споровете си с геолозите), изучава процесите, водещи до планинообразуването, и създава математическа теория на ледниците. Тук той влиза в спор с Форбс**, който не може да приеме, че при много сложни природни явления неизбежно трябва да се направят опростявания, за да се стигне до поддаващо се на решение математическо описание. В крайна сметка, смятал Форбс, една точна теория би трябвало да вземе под внимание индивидуалното движение на всеки атом на ледника. В духа на най-добрите традиции на Кеймбридж Хопкинс създава модел, който макар и непълен все пак описвал някои от свойствата на ледника. Форбс не искал да има никакво взимане-даване с такива безполезни математически игри, които създават опасното изкушение да се създават модели, които са математически решими, вместо да представят реални физически обекти.

Един съществен критерий за научното изследване е то да не се затваря в себе си, а да дава резултати. Макар до някаква степен да е полезно упражнение, с решаването на любопитни или високо абстрактни проблеми не трябва да се прекалява и трябва да внимаваме то да не се превърне в самоцел като проява на виртуозност. В такъв случай то става сравнимо с виртуозността на шахматиста, но не повече.

В Единбург Максвел е усвоил най-доброто от методите на двамата врагове Форбс и Хамилтън***. По същия начин в Кеймбридж той се научава да усвоява най-доброто от Кеймбриджката традиция на приложната математика, без при това да губи развитите под влиянието на Форбс интуитивно чувство и усет към нещата. Сега той прибавя към това важното умение да прави разумни приближения. Много често при решаването на дадено уравнение се налага някои от членовете в него да бъдат пренебрегнати; майсторството е да знаеш кои членове могат да бъдат пренебрегнати, без да се

изопачава физиката. Че Максвел е придобил това умение, няма никакво съмнение, макар вероятно това да не е било напълно в духа на методологията на Хопкинс:

През есента на 1850 г. той донесе в Кеймбридж огромен багаж от знания, които бяха нещо твърде необикновено за толкова млад човек, но те бяха така безредни, че изплашиха методично настроения частен наставник. Макар че този частен наставник беше Уилям Хопкинс, ученикът му възприе до голяма степен свой собствен път и може уверено да се каже, че никога в ректората не беше влизал Ренгълър от висока класа, който да е така зле подготвен за практични резултати, както беше Кларк Максвел.

Така пише Тейт в некролога за Максвел. Хопкинс е бил наставник и на Тейт. Но именно Хопкинс е този, който е поразен от геометричните умения на Максвел:

Лекторът беше запълнил на три пъти черната дъска с решението на една трудна задача и още не беше стигнал до края ѝ, когато Максвел запита дали не би могла да се реши по геометричен начин и показа как задачата може да се реши с помощта на една фигура и с няколко реда формули.

На лекциите на Хопкинс хората забелязаха една негова забележителна особеност. Почти винаги той прибегваше до графични решения, макар другите да предпочитаха като по лесно решаването по аналитичен път.

Хопкинс скоро разбира, че Максвел по-скоро е в свой собствен клас. Един от участниците в отбора на Хопкинс, У. Лосън, отбелязва в дневника си:

15 юли 1853 г.. Тази вечер Хопкинс заговори с мен за Максвел. Каза, че без съмнение това е най-необикновеният човек, когото някога е срещал; убеден е, че не е възможно Максвел да греши в разсъжденията си по физически задачи; но посочи, че в своя анализ той има доста слабости; той гледа на него като на гениален човек с всичките негови ексцентричности и предрича, че един ден ще стане светило във физическите науки - предсказание, с което всички негови състуденти единодушно се съгласяват.

За Максвел по-голямата част от подготовката за Трайпъс изглежда е била доста лесна и той разполага с достатъчно време за другите си интереси; както отново отбелязва безценният Лосън:

Максел много обичаше да разговаря за най-различни неща. Добре си спомням как, след като аз бях работил цялата предна нощ и цялата сутрин върху задачите на Хопкинс с малък или почти никакъв резултат, Максвел дойде при мен да обсъдим някои клюки; аз през цялото време очаквах с нетърпение той да ме остави, докато най-после, около половин час преди нашата среща с Хопкинс, той се сети: - "Май ще трябва да видя задачите на стария Хоп" и когато се събрахме там, той вече беше се справил с всичките.

Може би в това е имало елемент на самохвалство, както и в писмото до дома през лятото на 1853 г., когато той вече започва да се готви за същинския Трайпъс през приближаващата зима:

Колежа Тринити, 7 юни 1853 г.: Ако някой иска да знае как се справям с математиката, кажете му, че здраво съм се заловил да подреждам всичко, така че

да съм в състояние всичко да изразя много ясно и екзaminаторите да са задоволени, а учениците да имат от какво да се поучат. Работата е приятна и ме въодушевява, макар че още не е завършена.

Две седмици по-късно, както стоял с един приятел, Максвел припаднал. Диагнозата била менингит, добре познато на Викторианските лекари заболяване, причинено от умствена преумора.

Това се случва в дома на преп. С. В. Тейлър и той заедно с цялото си семейство предано се грижи за Максвел до пълното му оздравяване. Максвел никога не забравя тяхната доброта и това заболяване го прави още по-религиозен. То обаче не притъпява способността му за наблюдение: той ясно осъзнава разликата между независимото обучение, което получава като единствено дете в семейството и липсата на индивидуалистичен дух в голяма семейна група от тясно свързани помежду си членове.

След като се възстановява, той се връща в Кеймбридж и постепенно възобновява подготовката си за Трайпъс. По време на самото провеждане на изпита той, както изглежда, успява да убеди няколко от другите кандидати през вечерите за разнообразие да правят заедно с него експерименти с неговите собствени лабораторни съоръжения от магнити и гутаперча.

Когато резултатите от изпитите стават известни, той се оказва втори в Трайпъс, след Раут, и поделя с Раут първото място за Наградата на Смит. Всички са много доволни, с изключение на бащата, за когото не съществува друго място освен първото.

За Максвел трудното време вече е останало назад. През изтеклите три години той почти не е правил самостоятелни изследвания, но сега отново е свободен да следва собствените си интереси - отначало като бакалавър, а после и като член на колежа Тринити.

И наистина първите няколко изследвания носят белега на веселата освободеност. Една от статиите е посветена на начина, по който лист хартия пада свободно, като се полюшва във въздуха. Друга статия изучава по геометричен начин фокусираща леща с коефициент на пречупване, който се изменя с радиуса, но дебелината ѝ навсякъде е еднаква. Както пише Максвел, това изследване е породено от наблюденията му върху очната ябълка на рибите, при която се наблюдава почти същият ефект. Според една легенда на колежа идеята се зародила една сутрин на закуската с пушена риба.

Друго изследване, което също е станало легенда на колежа, са експериментите на Максвел със способността на котките да падат винаги на краката си. Както посочва Максвел на своите критици, които го упрекват, че се занимава с вивисекция, въпросът е да се види колко бързо могат котките да се обръщат, което означава те да се пускат с гърба надолу от колкото е възможно *по-малка* височина. Той пуска котки върху своето легло от голямата височина два инча - котките отново падат на краката си!

В действителност Максвел се интересува много повече от кучетата и затова вън от територията на колежа (директорът на Тринити Уилям Хюел строго е забранявал да има кучета в колежа) винаги около него се въртяло някое рошаво куче от неопределена порода. Когато по-късно се връща в Кеймбридж като професор, той веднъж накарва своето куче Тоби да седне върху изолиран стенд, а в това време го търкал с парче котешка кожа. Така установява, че Тоби се зарежда електростатично с положителен електричен товар, макар допреди да се е смятало, че котешката козина е положително заредена относно всички други вещества. Максвел отбелязва, че "живото куче е нещо по-добро от умрелия лъв" и мъдро се отказва от очевидното продължение на този експеримент: да опита как ще се зарежда живо куче от *жива* котка. Резултатът от този експеримент и до ден-днешен не е напълно изяснен.

Всичко това показва вроденото чувство за хумор на Максвел и общителността му, които особено се разцъфтяват в Кеймбридж. В началото на него гледали с подозрение като на ексцентрик. Не обичал официалното облекло и, както отбелязва шеговито Кемпбел: "Облеклото му беше забележително ... с липсата на каквито и да било декорации (колосана яка, копчета за ръкавели и други такива)", а по подобие на мнозина преди и след него, Максвел се опитва да променя часовете за работа и за сън.

Опитвам се да експериментирам с часовете за спане. Миналия петък спях от 5 до 9.30, после четох усилено от 10 до 2 и отново спях от 2.30 до 7.

Възнамерявам да се опитам в продължение на една седмица да спя от 5 до 1, а после да чета. Това е практичен скептицизъм спрямо ранното ставане.

От 2 до 2.30 сутринта той прави физически упражнения, като бяга по коридорите на колежа. Обитателите на стаите по тези коридори започнали да го причакват и да го замерят с обувки, гребени и каквото им попадне, когато той минавал. Накрая се върнал към по-нормални часове на сън.

Сега тук два особени фактора се оказали благоприятни за него. В Единбург неговият провинциален акцент веднага го определя като селянче. За невежите хора от Кеймбридж обаче той е само един шотландец, а по това време шотландският акцент единствен е бил толериран сред акцентите от различните области: той е бил белег за тежък труд, хитрост и амбиция за успех. Провинциалният английски акцент от друга страна означавал единствено, че родителите на този студент не са могли да си позволят заплащането на таксите в частно училище. Максвел освен това е бил с две години по-голям от съкурсниците си, бил е по-зрял и значително по-начетен от останалите, което му създавало авторитет. Впечатлението, което направил на Лосън, в същата степен удивило и проф. Хорт:

През времето, в което го наблюдавах, той не прояви никакви признаци на промяна освен спокойното израстване и подозирам, че още много рано е постигнал толкова устойчива зрялост, че едва ли би възприел от състудентите си промяна в каквато и да е посока.

А преп. Бътлър, който по-късно става директор на Тринити, казва:

Неговото положение сред нас - казвам това пред мнозина, които помнят това време, - беше уникално. Той беше приет като безспорно най-надареният измежду неговите състуденти.

Признание за способностите на Максвел е поканата да стане един от Апостолите - клуб на избраните есеисти, съставен от дванадесетте най-добри студенти на Кеймбридж - така поне смятали неговите членове. Все пак в различни години членове на този клуб са били Тенисън, Бертран Ръсел, Дж. Кейнс, Литън Стрейчи, Г. Мур. Апостолите се събирали в събота след обяд в жилището на един от членовете и след като хапвали сандвичи със сардела един от тях прочитал философско есе върху избран от него предмет. После всеки от тях излагал собствените си възгледи по въпроса и накрая протичала обща дискусия. В заключение всеки от тях записвал в дневника на Обществото мнението си и се подписвал.

Серията от есета, които Максвел представя пред Апостолите, е твърде интересна. Това са незрели съчинения с голяма степен на позиране: изящни фрази, изречени повече заради самото изящество, отколкото заради тяхната истинност (възможно е

именно тук Максвел да се е научил да пише така изискано, което е характерна черта на неговите по-късни научни статии) и заедно с това там присъства дълбоко теоретизиране, основано на твърде оскъдни факти (напр. Модел на *инвариантното* развитие на псевдонауката, основаващ се върху единствения пример на животински магнетизъм). При все това в есета има заровени някои твърде интересни прозрения.

В едно есе, озаглавено “Има ли в природата реални аналогии?” Максвел се опитва да реши поставения въпрос с помощта на една доста засукана аналогия между причина и следствие в природата и в сферата на морала (неизбежното възмездие). Той дори сам си признава със смях: “Бях доста празнословен и объркан по въпроса за моралния закон”. Но интересът към есето иде от неговата датировка, февруари 1856 г., защото по това време той вече сериозно започва да се интересува от теорията на електричеството и магнетизма. Поставя си за задача да прочете работите на Майкъл Фарадей, който с поредицата от експерименти създава основата за последвалите теоретични изследвания на Максвел, а така също тези на Уилям Томсън.

Тук трябва да посочим, че Максвел все още твърдо вярва в индукцията като най-добър и най-сигурен начин за подхождане към проблемите. През юни 1854 г. той пише на свой приятел:

Трудна работа е да се добереш до “разумни идеи”, както казва Хюел. Струва ми се обаче, че те най-после започват да излизат, така че чрез съпоставка с всички факти и с помощта на смлени теории аз се надявам да ги приведа в ред, след което очаквам да разбера нещо повече за индуктивната философия.

Възнамерявам да пресея теорията на светлината и да я проверя в съпоставка с всички налични експерименти и определени предположения, така че вече да не говорим за предположения, а или за дефиниции, или за експерименти.

Обаче през февруари на следващата година неговите схващания се изменят. Това проличава от Апостолското му есе:

Няма нищо по-съществено за правилното разбиране на нещата от изясняването на числовите съотношения. Но самото начално понятие за число предполага предварително действие на разума. Преди да преброим някаква съвкупност от неща, ние трябва да ги подберем от вселената и да им придадем по дефиниция някакво фиктивно единство. Докато не направим това, вселената на сетивните възприятия не е нито една, нито много, а неопределена ... Замъглените контури на явленията се сливат едно с друго, докато не включим фокусиращия инструмент на теорията и го настроим до една или друга степен на ясно виждане, така че да можем да проникваме до различни дълбочини в големия механизъм на света.

Като изпробва своите философски схващания в съпоставка с реалната същност на науката, Максвел осъзнава един съществен пункт, който е пропуснат или просто отхвърлен от философите. Ако *тялото* на науката е изградено от експериментални факти, то нейният скелет е теорията - тя е, която придава формата на тялото. Без предварителните хипотези, с които да започнем, ние разполагаме само с безформена купчина от експериментални “факти”, насипани безредно. Без някаква предварителна теоретична идея фактът, че светлинната скорост за произволна дължина на вълната не е безкрайна, а в действителност е 186 000 мили в секунда, както и фактът, че тази сутрин в десет и пет е валяло, са еднакво важни твърдения относно природата. Човек не може да се заеме с правене на наука, без някакво подреждане на фактите по категории на значимост, а за това вече е нужна теория. Самият Фарадей, както Максвел много скоро

осъзнава, не е бил просто регистратор на експериментални факти, а е планирал своите изследвания в съответствие с дълбоко обмислен модел на природата.

При все това той е в достатъчна степен философ, за да отбележи с нотка на предпазливост:

Възможно е “книгата”, както е прието да се казва, на природата да е с последователно номерирани страници; ако е така, няма съмнение, че уводните части ще обясняват тези, които са след тях, а методите, разяснени в първите раздели, ще се приемат за верни и ще се използват като илюстрации в по-висшите части на курса; но ако това изобщо не е “книга”, а списание, би било голяма глупост да предполагаме, че една част може да пояснява друга.

Хипотезата, че природата е подредена, обуславя цялото научно усилие.

Еволюиращата лична философия на науката е изложена в едно следващо есе от октомври 1856 г., озаглавено “Ненужната мисъл”, в което една от тезите, които той най-силно подчертава, твърди, че абстрактната мисъл трябва непрестанно да се проверява чрез контакт с реалността и че значително по-важно е нашите мисли да имат жив корен в експеримента, отколкото да бъдат напълно самосъгласувани във всеки конкретен етап от своето развитие. Това е важно твърдение, защото едновременно е отричане на индукцията и също на крайностите в Кеймбриджката традиция:

Във физиката има страшно много различни неща, които ние трябва сами да създадем, преди да ни стане ясно какво ще последва, но затова пък имаме това голямо предимство пред учениците от много други области, че ако сгрешим, грешките се проявяват в момента, в който направим крачка напред, така че можем да не се опасяваме, че ще строим на лоша основа, защото тя цялата ще се срине в момента, в който опитаме първото приложение.

Това е една от тезите, които Максвел застъпва най-твърдо в своята встъпителна лекция в Кралския Колеж на Лондон, и тя е ключ за разбирането на понякога смущаващите промени в насоката на неговата собствена изследователска работа. В средата на експерименталните факти се заражда някаква теория и тя се нуждае не толкова от здрава, колкото от обемиста основа. Интересът на Максвел към философията, историята и най-вече психологията на науката е трайно унаследен от времето на Апостолите. По-късно той ще напише в една рецензия на книга:

Що се отнася до най-интересния от всички предмети, а именно историята на развитието на научните идеи ...

и затова в многобройните си рецензии на научни трудове непрестанно настоява статиите да се отпечатват в техния първоначален вид, така че бъдещите читатели да могат да проследяват генезиса на изследването.

Друго интересно наблюдение относно възгледите на Максвел можем да направим въз основа на писмо до баща му от 1855 г.:

Миналата събота имавме обсъждане и есе от Померой относно положението на британската нация в Индия ... Както изглежда, ние сме започнали управлението на Индия в най-критичния период, когато са започнали да се разпадат всички стари институции и религии, а в никакъв случай не става ясно как трябва да се предложи нова цивилизация и самоуправление на народ, който е така различен от нас. Едно е

ясно: ако ги пренебрегнем или ги оставим да се носят по течението, или просто печелим за тяхна сметка, тогава трябва да си спомним за Испания и американците като примери за порочно управление и последваща разруха.



Къщата на семейство Максвел в Гленлеър, в днешния ѝ вид.

Максуел е имал много силно чувство за дълг. Негов дълг е било да преподава в класовете, както е било дълг да подбира подходящи книги за четене на децата на работниците в Гленлеър. За него е било религиозен дълг да се опитва да разбере природата:

Вярвам заедно с духовниците от Уестминстър и техните предшественици ad infinitum, че "Главната задача на човека е да прославя Бога и вечно да го възхвалява". Че за да изпълнява тази своя задача, на всеки човек е дадена непрестанно растяща способност да общува с други същества ... Това щастие е неразривно свързано с пълното влагане на тези способности в тяхната предназначена посока ...

Но, както винаги става при Максвел, краят е изненадващ: "така че щастието и нещастията трябва неминуемо да се увеличават заедно с нарастващите сила и знание". Въпросът, който сега си поставя Максвел, е дали неговият дълг е заложен в Кеймбридж. След успеха му на изпитите, той има твърдо установена репутация. В Кеймбридж той се сближава с Хюел и Стоукс. Уилям Хюел, директорът на Тринити, бил от семейството на дърводелец от Ланкашир и е трябвало да се бори за своето начално образование. Постъпва в Кеймбридж със стипендия, става Ренгър от висок ранг, а после става последователно професор по минералогия и по етика. Написва образцови книги по история и философия на науката, учебници по математика, както и енциклопедични статии на такива разнообразни теми като архитектура, политическа икономика и, както гласи Кеймбриджката легенда, китайски музикални инструменти. Когато Фарадей се опитва да скъса със старата електрическа терминология, свързана с предишни модели за електричеството, той се обръща именно към Хюел за своите неологизми:

Намирам се в затруднено положение и по наложена традиция в Кеймбридж се обръщам към Вас за помощ, за което съм окуражен от спомена за Вашата любезност и също съвета на г-н Уилис да потърся помощта Ви. Ето за какво става дума.

Необходими са ми някои нови названия, с които да изразя установените от мен факти в науката за електричеството, без да се включва повече теория, отколкото мога да си позволя ...

И именно към Хюел се обръща за помощ Форбс, когато се заема да въведе в Единбург модерната математика, като го моли да напише упростен вариант на учебника си по механика, който да е подходящ за ниското равнище на математическата подготовка на шотландските студенти. Джордж Гейбриъл Стоукс е бил Лукасов професор по математика (Нютоновата катедра), Президент на Кралското общество и член на Парламента. Бил е централна фигура на Викторианската наука както със своите научни изследвания в Кеймбриджката традиция на приложната математика (но също е правел експерименти в своята частна лаборатория в дома си), а така също със своята административна и редакторска дейност. Както Томсън, така и Максвел обсъждали своите нови идеи с него, за да разберат мнението му, което винаги било прецизно, обективно и задълбочено.

С тези контакти, както и с контактите си с Форбс и Томсън в Шотландия (Максуел се запознава с последния при едно събиране на Британската асоциация, след което двамата започват да си кореспондират) Максвел вече става част от научната общност. През октомври 1855 г. той става член на Тринити и пред него се открива възможност за кариера в Кеймбридж, което означавало компания от съмишленици, добри учени, с които да обсъжда идеи, да плува и гребе за развлечение.

Обаче здравето на баща му сериозно го безпокояло. Въпреки физическата си откъснатост те запазвали духовната си близост, като бащата често наставлявал Джеймс с практически съвети: колко важно е да познава правилните хора, възможните разходи по реализацията на изобретенията на Джеймс, какво да прави и какво да види през ваканцията и даже му предлага идея за изследване, когато Максвел изучава хидродинамика:

Опитвал ли си да направиш равномерен поток и след това да почукваш отстрани бреговете на канала? Това би било полезното практическо приложение.

Забавно е, че този проблем по-късно привлича вниманието не на друг, а на самия Алберт Айнщайн. Все пак определено бащата е бил този, който е гледал сина с почит и с много гордост. През зимата на 1855/6 здравето на бащата започва да се влошава и Максвел отива в Единбург, за да се грижи за него. Състоянието на баща му видимо се подобрило.

Тогава Форбс му пише и му съобщава, че професорът по физика в колежа Маришал на Абърдийн е починал. Интересува ли се Максвел от тази длъжност? Идеята не е била странна, повечето професори от онова време са ставали такива на млада възраст: Стоукс - на 29 години, Тейт в Белфаст - на двадесет и три, Уилям Роуън Хамилтън става професор по астрономия в Дъблин, когато е на двадесет и две години и все още е студент, а Уилям Томсън на същата възраст става професор в Глазгоу и остава там близо шейсет години.

Максуел решава да се кандидатира за тази длъжност. Освен да бъде по-близо до баща си, той намира, че Кеймбридж със своите неженени сътрудници е като кула от слонова кост, докато Абърдийн е по-близо до реалния живот.

Преходът от обикновен човек към преподавател най-после трябва да настъпи и това навярно ще е болезнено като бавното изтръгване на нерви. Когато това завърши, болката престава, но от време-навреме някои коренни израстъци или

остатъци от стари нерви ни напомнят за нея, за да ни покажат какво е било и какво е можело да бъде.

Подбор и превод: **Михаил Бушев**

(Martin Goldman. *The demon in the aether: the story of James Clerk Maxwell*. Edinburgh, 1983)

* Триос буквално означава триного столче, на което по стара (френска) традиция е сядал участник в диспут при церемонията за получаване на научно звание. – *Бел. прев.*

** Джеймс Дейвид Форбс (1809 - 1868) - английски физик, известен главно с изследванията си върху топлинните явления; пръв установява температурната зависимост на топлопроводността. - *Бел. прев.*

*** Хамилтън, лорд Уилям Роуън (1805 - 1865) - английски математик и астроном, създател на Хамилтоновата механика. - *Бел. прев.*

ФИЗИЦИ – ЛИРИЦИ

James Clerk Maxwell

In the very beginnings of science, the parsons, who managed things then,
Being handy with hammer and chisel, made gods in the likeness of men;
Till Commerce arose, and at length some men of exceptional power
Supplanted both demons and gods by the atoms, which last to this hour. . .

Then gathers the wave of emotion, then noble feelings arise,
Till you all pass a resolution which takes every man by surprise.
Thus the pure elementary atom, the unit of mass and of thought,
By force of mere juxtaposition to life and sensation is brought;
So, down through untold generations, transmission of structureless germs
Enables our race to inherit the thoughts of beasts, fishes and worms.
We honour our fathers and mothers, grandfathers and grandmothers too;
But how shall we honour the vista of ancestors now in our view?
First, then, let us honour the atom, so lively, so wise, and so small;
The atomists next let us praise, Epicurus, Lucretious, and all;
Let us damn with faint praise Bishop Butler, in whom many atoms combined
To form that remarkable structure, it pleased him to call - his mind.
Last, praise we the noble body to which, for the time, we belong,
Ere yet the swift whirl of the atoms has hurried us, ruthless, along,
The British Association - like Leviathan worshipped by Hobbes,
The incarnation of wisdom, built up of our witless nobles,
Which will carry on endless discussions, when I, and probably you,
Have melted in infinite azure - in English, till all is blue.

Belfast, 1874