

НАЙ-ЯРКИТЕ ПОСТИЖЕНИЯ ВЪВ ФИЗИКАТА ЗА 2002 г.

1. Антиатоми в CERN

През изминалата година за първи път бяха създадени голям брой антиатоми. През септември експериментът ATHENA в CERN създаде 50 000 студени антиводородни атома чрез комбинирането на антипротони и позитрони в серия от магнитни и електростатични удържащи устройства (капани).

Два месеца по-късно експериментът ATRAP, също базиран в CERN, “произведе” 170 000 антиводородни атома. Тази изследователска група освен това успя да изучи за първи път вътрешните състояния на антиводорода. Двете групи използваха аналогични технически решения за създаването на антиатоми, но различни методи за детектирането им.

Крайната цел и на двата експеримента е да се сравнят енергетичните нива на водородните и антиводородните атоми и да се извърши най-прецизната досега проверка на CPT (заряд-четност-време) симетрия. Всяко нарушение на CPT-симетрията би се проявило като много малки разлики в честотата на преход на електроните от основно в първо възбудено състояние за водород и за антиводород. Това би изисквало нови физически идеи, излизащи извън рамките на Стандартния модел във физиката на частиците.

Литература:

CERN Courier, **9** (2002) 5; *CERN Courier*, **10** (2002) 5.

2. Космическото микровълново лъчение разкрива своята поляризация

Астрономи от САЩ измериха за първи път поляризацията на космическото микровълново фоново лъчение – микровълновото “ехо” от Големия взрив. Измерванията бяха направени на южния полюс с помощта на DASI – интерферометър за измерване на градуси по ъглова скала. Получените резултати се съгласуват с теоретическите предвиждания и дават още една подкрепа на стандартния космологичен модел на Големия взрив и на инфлационния модел. Получените резултати също потвърждават, че обикновената материя съставлява по-малко от 5 % от общата маса и енергия във Вселената.

По-рано през годината с Cosmic Background Imager бяха получени най-контрастните досега изображения на космическия фон. Тези изображения позволиха на астрофизиците да видят за пръв път миниатюрните флуктуации на плътността, които са породили днешните галактически купове.

И още – чрез поляризационните експерименти е възможно да се изследва Вселената такава, каквато е била през най-първите части от секундата след Големия взрив, когато тя претърпява изключително бързо разширение, известно като инфлация. Ако инфлационният модел е правилен, гравитационните вълни, излъчени през този начален период, биха оставили своя отпечатък върху поляризацията на космическия фон.

Литература:

Leitch E. M. et al., *Nature*, **420** (2002) 763; Kovac J. M., *Nature*, **420** (2002) 772.

3. Нови резултати потвърждават осцилациите на неутриното

През април 2002 г. в неутринната обсерватория SNO в Съдбъри, Канада, представиха убедителни доказателства, че електронното неутрино осцилира – или си променя “аромата” – по пътя от Слънцето до Земята.

Предидущи резултати, получени в SNO и в Суперкамиоканде, Япония, вече подсказваха, че неутриното може да осцилира. Осцилациите могат да съществуват само ако неутриното има маса - едно откритие, което изисква нова физика, излизаща извън рамките на Стандартния модел.

По-късно през годината експериментът KamLAND потвърди, че електронното антинейтрино също осцилира.

През изминалата година с Нобелова награда по физика бяха наградени двама астрофизици, пионери в областта на неутринната астрофизика. Това са: Рой Дейвис от университета в Пенсилвания и Масатоши Кошиба от университета в Токио. Рикардо Джакони също получи Нобелова награда за физика за неговите приноси в рентгеновата астрономия.

Литература:

CERN Courier, **5** (2002) 5; *CERN Courier*, **9** (2002) 19; *Светът на физиката*, **25** (2002) 303.

4. Отклонения от втория принцип на термодинамиката

Вторият принцип на термодинамиката твърди, че ентропията или безпорядъкът на изолирана система, претърпяваща един цикличен процес, нараства или остава същата.

През юли 2002 г. австралийски изследователи показаха, че за малки системи ентропията може да намалява в течение на много малки периоди от време. Това е първата експериментална демонстрация на отклонение от втория закон на термодинамиката.

Според изследователите това откритие би могло да бъде важно при създаването на микромашини и се аргументират, че вероятността една термодинамична система да работи “в обратен ред” нараства, когато системата става по-малка. Това би могло да има важни следствия за нанотехнологиите и би могло да помогне за разкриването на механизма на функциониране на живите организми.

Литература:

Wang G. et al., *Phys. Rev. Lett.*, **89** (2002) 050601.

5. Напредък в свръхпроводимостта

През 2002 г. още два елемента се присъединиха към групата на свръхпроводниците. Физици от Япония и САЩ откриха, че литият става свръхпроводящ, когато е подложен на изключително големи налягания.

За първи път също така беше наблюдавана свръхпроводимост в базиран на плутоний материал. Изследователи от САЩ и Германия откриха, че сплав от плутоний, кобалт и галий проявява свръхпроводимост при температури под 18 К. Този материал има голям критичен ток, което би било важно за технологически приложения, ако не беше радиоактивността на плутония.

Също така за първи път бяха изследвани свойствата на магнезиев диборид. Това, че магнезиевият диборид е свръхпроводник беше открито през януари 2001 г. Теоретици от САЩ предположиха, че неговата относително висока температура на преход би могла да се обясни с присъствието на две свръхпроводящи енергетични забранени зони, а не на една.

Литература:

Choi H. J. et al., *Nature*, **418** (2002) 758; Shimizu K. et al., *Nature*, **419** (2002) 597; Sarrao J. L. et al., *Nature*, **420** (2002) 297.

6. Измервания със свръхохладени атоми

През 2002 г. имаше сериозни постижения в изследванията със свръхохладени атоми. Беше осъществен напредък както в изучаването на кондензацията на Бозе-Айнщайн, така и на изродения Ферми-газ.

Кондензатът на Бозе-Айнщайн е ново състояние на материята, в което всички атоми кондензират в едно и също квантово състояние. Изроденият Ферми-газ е аналогична кондензация за атоми, подчиняващи се на статистиката на Ферми-Дирак.

Годината започна с наблюдаването за пръв път на квантов фазов преход в кондензат. Това се случва когато атомите преминават от състояние, в което всички са в една и съща квантова фаза и могат да се движат почти без триене, към състояние, в което атомите не могат повече да се движат свободно.

Освен това физиците показаха, че присъствието на кондензат на Бозе-Айнщайн може да стимулира кондензацията на Ферми-газ, увеличавайки надеждите, че свръхфлуидността може да се наблюдава при Ферми-газовете.

Изследователите съобщиха и за необичайните характеристики на разширение на един свръхохладен Ферми-газ.

Цезият се присъедини към семейството на кондензатите през октомври 2002 г., когато беше получен за първи път Бозе-Айнщайнов кондензат на този елемент.

Литература:

Greiner M. et al., *Nature*, **415** (2002) 39; Mudugno G. et al., *Science*, (2002); Weber T. et al., *Science*, (2002); Узунов Д., *Светът на физиката*, **25** (2002) 3.

7. Магнити в наномасштабни логически уреди

Физици от Великобритания построиха логически вентил с размери от порядъка на нанометри, направен изцяло от метал и работещ при стайна температура.

В съществуващите електронни схеми логическите операции се извършват от полупроводникови уреди. Обаче плътността на тока в един полупроводник е ограничена, а това ограничава степента на миниатюризация на тези уреди. Металите допускат по-висока плътност на тока от полупроводниците така, че металните логически елементи могат да се направят по-малки.

Ако могат да се построят подобни уреди, те биха били идеални за мобилни приложения, такива като мобилни телефони и смарт карти, тъй като данните биха могли да се съхраняват без необходимост от мощни токозахранващи източници.

Литература:

Allwood D. et al., *Science*, **296** (2002) 2003.

8. Използване на неутрони за измерване на квантовогравитационни ефекти

Квантовите свойства на електромагнитната сила се проявяват в много явления, например в електронните орбити в атомите и в структурата на атомните ядра.

Изключително трудно е обаче да се направят аналогични наблюдения върху гравитационни полета, тъй като в атомни мащаби гравитационният ефект е пренебрежимо малък.

През 2002 г. физици от института Лауе - Ланжвен (ILL) успяха да наблюдават за първи път квантувани състояния на движение под действието на гравитационна сила. Екипът от ILL използва за своите измервания свръхохладени неутрони.

Това откритие може да се използва, за да се изучи принципът на еквивалентността, а също и други фундаментални принципи на физиката.

Литература:

Nesvizhevsky V. et al., *Nature*, **415** (2002) 297.

9. Първо доказателство за съществуването на тетра-неутрони

За да се разбере строежът на атомните ядра, е важно да се изучат взаимодействията между нуклоните. Физиците вече знаят, че двойка неутрони може да съществува в “почти свързано” състояние. Много години бяха посветени на намирането на доказателства за съществуването на такива неутронни двойки, както и на неутронни купове с по-голям брой неутрони. Експериментите са трудни, тъй като неутроните и куповете от неутрони не притежават електричен заряд.

През май 2002 г. изследователи, работещи с ускорителя GANIL във Франция, съобщиха за първи доказателства за съществуването на тетра-неутрони – ядрени купове, съдържащи четири неутрона и нула протони. Те откриха шест възможни кандидати за купове с четири неутрона сред фрагментите на берилиеви ядра с излишък на неутрони. Ако това се потвърди, откритието би помогнало много за изучаването на ядрените сили.

Литература:

Marques F. et al., *Phys. Rev. C.*, **65** (2002) 044006.

10. Бляскави времена за оптиката

През 2002 г. физиците, работещи в областта на оптиката, напреднаха в множество направления.

Изследователи в Гьотинген използваха конвенционална оптика за получаване на изображения на групи от бактерии с напречни размери от само 33 нанометра. Това е еквивалентно на почти 1/23 от дължината на вълната на използваната светлина. Постигнението показва, че т.нар. далечнополеви оптически микроскопи могат да работят много под дифракционната граница.

Междувременно физиците в Биелефелд и Виена продължиха започналата през 2001 г. революция в генерирането на атосекундни светлинни импулси. Тези импулси бяха използвани за изследване на динамиката на електроните в криптонови атоми.

Много неща се случиха за първи път и в областта на квантовата оптика: беше създаден първият квантов логически инвертор, за първи път бяха пренесени два бита информация от единичен фотон и за първи път беше осъществено почти идеално клониране на фотон.

Литература:

Duba M. and S. Hell., *Phys. Rev. Lett.*, **88** (2002) 163901; *Nature*, **419** (2002) 803;

De Martini F. et al., *Nature*, **419** (2002) 815; Leach J. et al., *Phys. Rev. Lett.*, **88** (2002) 257901.

11. АНТИ ПОСТИЖЕНИЯТА НА 2002 г.

През 2002 г. двама физика бяха уволнени от престижни научни институти за прояви на научна недобросъвестност.

Виктор Нинов беше изгонен от Lawrence Berkeley National Laboratory през юни, след като специална комисия установи вината му за фабрикуването на данни относно откриването на 118-тия елемент. Това би бил най-тежкият химически елемент, който някога е бил синтезиран.

Жан Хендрик Шон беше уволнен от Bell Labs през септември, след като друга комисия установи вината му за 16 случая на научна недобросъвестност. Шон беше публикувал над 100 статии в течение на пет години, повечето от които посветени на свойствата на органичните полупроводници.

Литература:

Brumfield G., *Nature*, Sept. 2002; Dalton R., *Nature*, July 2002;

Physics Today, Sept. 2002; *Physics Today*, Nov. 2002.

По материали на Интернет: **Динко Динев**

ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ ПРЕХОДИ В АТОМНИТЕ ЯДРА – СРЕДСТВО ЗА ИЗУЧАВАНЕ НА ЯДРЕНАТА СТРУКТУРА *

Ч. Стоянов, П. Петков, Л. Костов

I. БОЗОННО ЗАБРАНЕНИ ПРЕХОДИ И ДИПОЛНА ПОЛЯРИЗАЦИЯ НА ЯДРЕНАТА СЪРЦЕВИНА

Чавдар Стоянов

Общозвестен е фактът, че слоестият модел на атомното ядро е един от най-успешните ядрени модели. Създаден преди повече от 50 години, моделът описва забележително точно редица ядрени свойства, а предсказанията от него характеристики на ядрените процеси се използват за планиране на скъпи и сложни експерименти. В момента основно направление в изучаването на атомното ядро е изследване свойствата на нестабилни ядрени системи. Тези системи са атомни ядра, които не се срещат в природата и се получават изкуствено в ядрените лаборатории. Независимо от “екзотичните” свойства на тези ядра, слоестият модел успешно описва техните свойства. Разковничето на тези успехи се крие в обстоятелството, че силното взаимодействие между нуклоните в ядрата създава средно поле, в което се движат протоните и неутроните. Или, казано по-различно, слоестият модел много добре описва едночастичните степени на свобода в атомното ядро.



Академик Венцеслав Андрейчев

Известно е обаче, че в редица процеси съставлящите ядрото нуклони реагират “колективно”, т. е. проявяват се колективни степени на свобода на ядрото. Това явление е забелязано отдавна, непосредствено след създаването на слоестия модел. От

общотеоретична гледна точка това означава, че в ядрения хамилтониан освен т. нар. едночастичен член (генериращ едночастичните свойства на системата) е необходимо да се включи остатъчно взаимодействие, свързано с колективните свойства на ядрото. Точното определяне на вида на това остатъчно взаимодействие се оказва трудна задача. До ден днешен битуват различни варианти на това взаимодействие. Разбира се, класиците на ядрената наука са имали много точни критерии при въвеждането на колективното остатъчно взаимодействие. Ако се изхожда от изискването за простота, то най-общо видът на новото ефективно взаимодействие може да се представи като

$$V(|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|) + V_\sigma(|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|)(\boldsymbol{\sigma}^{(1)} \cdot \boldsymbol{\sigma}^{(2)}),$$

където $\mathbf{r}_1$ и $\mathbf{r}_2$ са радиус-векторите на два нуклона, а $\boldsymbol{\sigma}^{(i)}$ са спинови матрици.

Оттук наметне, използвайки известни математически методи, взаимодействието

може да се разложи в ред по сферически функции. Например:

$$V(|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|) = \sum_{\lambda=0}^{\infty} R_{\lambda}(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2) \frac{4\pi}{2\lambda+1} \sum_{\mu=-\lambda}^{\lambda} (-1)^{\mu} Y_{\lambda, \mu}(\vartheta_1, \varphi_1) Y_{\lambda, -\mu}(\vartheta_2, \varphi_2)$$

Исторически погледнато, разложението по мултиполности се оказва удачно, тъй като позволява да се свържат отделните членове на остатъчното взаимодействие с характерни ядрени процеси. Така например диполният член ($\lambda = 1$) описва трептенето на протоните спрямо неутроните в ядрото. Тези колебания водят до възбуждане на гигантски диполен резонанс. Този процес е предсказан още през 40-те години на изминалото столетие от смятания днес за класик на ядрената наука А. Б. Мигдал. В началото на 50-те години гигантският диполен резонанс е бил открит и впоследствие неговите свойства са определени в редица ядра. През последвалите години е натрупана прецизна експериментална информация, която позволява да се направи изводът, че гигантският диполен резонанс е универсално ярко изразено колективно възбуждане на ядрата със средна енергия на възбуждане, следваща закона $31A^{-1/3}$, където A е масата на ядрото. Тази колективна структура е свързана с възбуждане в ядрото на 1^- състояния с енергия над 10 MeV, които се разреждат в основното състояние със силни E1-преходи. В 1^- възбужданията участват всички нуклони в ядрото и това е причината за отсъствие на силни E1-преходи при 1^- възбуждания с енергия под 10 MeV.

Възбуждане на гигантски диполен резонанс в ядрото е възможно благодарение на неговата слоеста структура. Наличието на слоеве дава възможност за по-плътна и по-разредено разполагане на нуклонни двойки, свързани в момент 1 с отрицателна четност. При енергия на възбуждане, където двунуклонните 1^- състояния са по-малко, енергетически е по-благоприятно да се възбуди колективно състояние – гигантски диполен резонанс. Или, казано с други думи, гигантският мултиполен резонанс разкрива връзката между колективното и едночастичното движение в ядрата.

В края на 50-те и началото на 60-те години се изучава ролята на квадруполния и октуполния остатъчен член на остатъчното взаимодействие. За разлика от диполния член последните два водят до появата на нисколежащи колективни 2^+ и 3^- възбудени състояния. Веднага е забелязана разликата – докато колективните 2^+ и 3^- състояния се появяват при енергия на възбуждане 2 – 3 MeV, то при тези ниски енергии на възбуждане няма 1^- състояния. Тази аномалия привлича вниманието на О. Бор – син на прочутия Н. Бор. О. Бор показва, че трите вида възбудени състояния (1^- , 2^+ , 3^-) имат подобна природа. Това са частичнодупчести възбуждания, а същата структура има и мултиполният електрически оператор. Това води до кохерентност на електрическите процеси, която се проявява в силни E1-, E2- и E3-преходи, свързващи 1^- , 2^+ и 3^-

състоянията с основното състояние. Нисколежащите 1^- състояния имат друга по-сложна природа, която не позволява кохерентност в електрическите процеси. За да бъде описан този факт, О. Бор предлага въвеждане на нов параметър - диполен ефективен заряд, имащ следния вид:

$$e_{\text{eff}} = 1 + \chi,$$

като новият параметър χ трябва да има отрицателна стойност. В работите на японската теоретичка Хамамото новият ефективен заряд е оценен и стойността му е определена на $\chi = -0,8$.

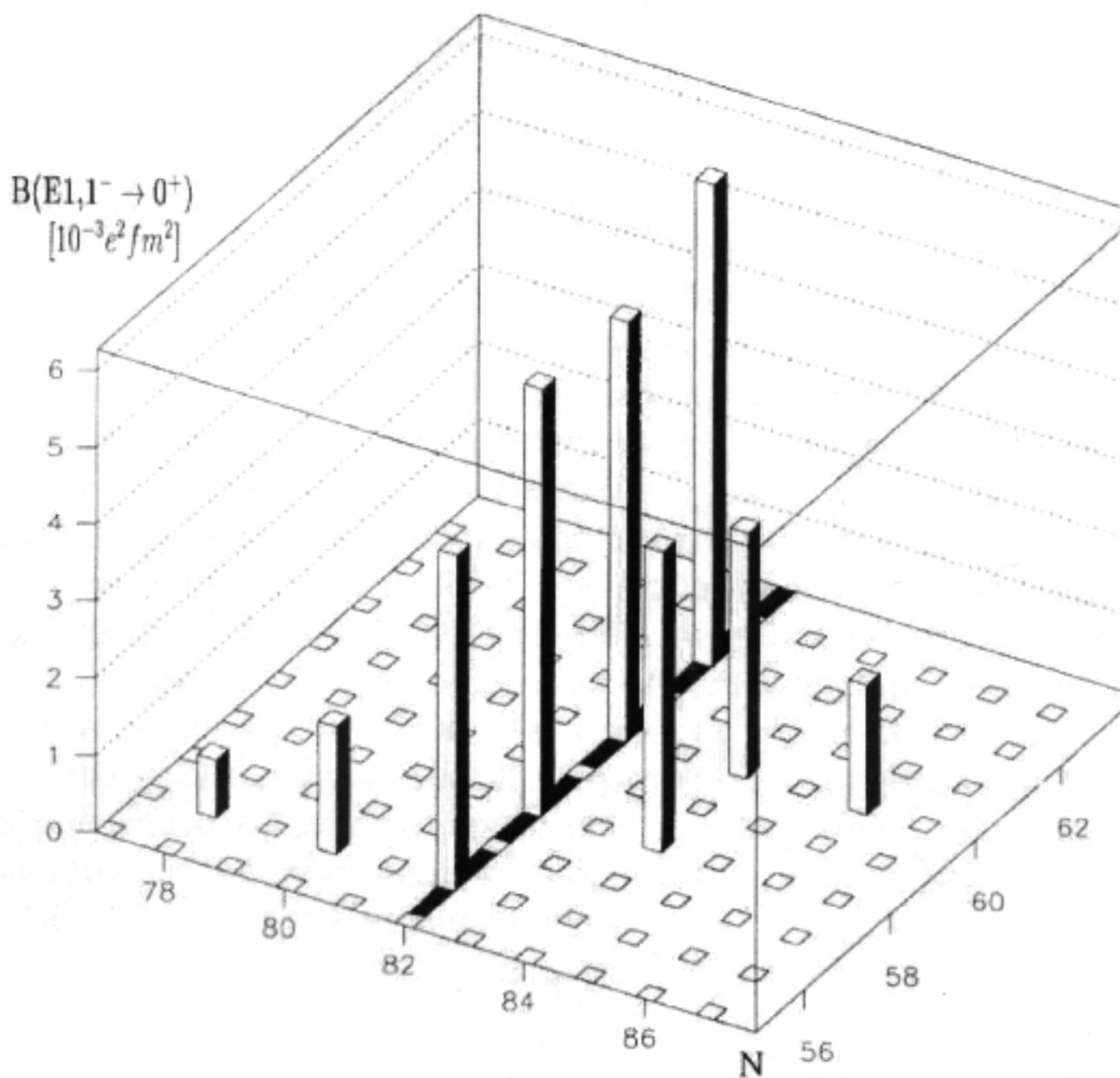
Цитираните основополагащи работи поставят начало на широкомащабни изследвания на свойствата на нисколежащите 1^- състояния. В тези изследвания взема активно участие акад. В. Андрейчев, по това време млад физик в ядрения център Росендорф, разположен край Дрезден. Съвместно с К. Д. Шилинг и П. Манфрас той публикува през 1975 г. систематика на нисколежащите E1-преходи в ядра, обхващащи почти цялата периодична система. Тази систематика, отпечатана в престижното списание *At. Data and Nucl. Data Tables* се превръща в основно помагало на теоретици и експериментатори, занимаващи се с проблема нисколежащи E1-преходи. В личен план мога да кажа, че публикуваната систематика стана за мен първата ми среща с научното творчество на акад. В. Андрейчев.

Характерно за почти цялата физика през последните години е рязкото увеличаване на възможностите за детектиране на слаби процеси. В ядрената физика това е свързано със съществено подобряване на детекторите за ядрено лъчение. Това е довело до създаване на високочувствителни многодетекторни системи, чиято автоматизация позволява фиксирането на широка гама от процеси, възникващи при един елементарен акт на взаимодействие. В университета в Щутгарт беше разработен т.нар. ядренофлуоресцентен метод, даващ възможност за точно определяне на свойствата на нисколежащите 1^- възбудени състояния в атомните ядра. Известно е, че тези състояния се възбуждат главно при взаимодействие на γ -кванти с ядрото. Гама-квантът е носител на малък ъглов момент и при процеси, свързани с поглъщането му от ядрото (фотопоглъщане) или нееластично разсейване, се възбуждат състояния с ъглов момент, близък до този на основното състояние. Основното състояние на четно-четните ядра е 0^+ . Следователно при облъчването с γ -кванти съответното сечение за възбуждане на 1^- състояния е твърде голямо.

Акад. В. Андрейчев имаше много активно сътрудничество с групите от университета в Кьолн (ръководител П. фон Брентано) и университета в Щутгарт (ръководител У. Кнайсл). Двамата мастити учени бяха чести гости на нашата страна, изнасяли са лекции, обсъждали са програми за съвместни експерименти с групата на акад. В. Андрейчев. Благодарение на това ползотворно сътрудничество в момента няколко наши специалисти работят активно с тези университети.

Ядрено-флуоресцентният метод разкрива уникални възможности за изследване свойствата на нисколежащите 1^- състояния. Диполният преход (E1), свързващ тези състояния с основното, е от порядъка на 10^{-3} W.u. (W.u. – това е единица мярка за силата на преходите, предложена от В. Вайскопф). За сравнение ще посоча, че съответната величина за гигантския диполен резонанс е около 10 W.u., т.е. разликата е 4 порядъка. Наличието на такава разлика вече е предсказано от О. Бор.

Акад. В. Андрейчев участва активно в експериментална програма за определяне на стойностите на нисколежащите E1-преходи. През 2002 г. в списанието *Physics Letters* беше отпечатана една от последните му работи, в която е представена поредната систематика на тези преходи. Една от фигурите в тази статия е представена тук. Новата прецизна експериментална информация дава възможност за по-задълбочен анализ и по-детайлна интерпретация на нисколежащите състояния.



Фиг. Редуцирани вероятности на преход $B(E1, 1^- \rightarrow 0^+)$ за нисколежащи $E1$ -преходи от основно ниво в сферични ядра близо до запълването на слоя $N = 82$ (плътната линия)

Съвременната теория на атомното ядро използва няколко основни приближения за описване на свойствата на възбудените състояния. Колективни възбудени състояния от типа на обсъжданите се описват като суперпозиция от частичнотупчести компоненти. Частичната (дупката) - това е нуклон, движещ се по определена орбита на средното поле. Тъй като нуклоните са фермиони, то и частичнотупчестото състояние трябва да има свойствата на фермионна двойка. Едно от важните приближения на теорията е, че тези фермионни двойки не следват фермионни

комутационни съотношения, а комутират като бозони, т.е. на фермионната двойка се съпоставя бозон. Това приближение е проверявано много пъти и неговата ефективност е удивителна. По този начин колективните състояния се описват като суперпозиция от бозони. Такива образowania се наричат фонони. В рамките на този формален подход на гигантския диполен резонанс съответства диполен фотон. Нисколежащите 2^+ и 3^- състояния се представят чрез квадруполен фотон и октуполен фотон. Фотоните могат да се свързват в многофотонни възбудени състояния. И сега, внимание – квадруполен фотон и октуполен фотон могат да се свържат в двуфотонно състояние. Следвайки правилата на събиране на ъглови моменти, получаваме, че сред възможните двуфотонни квадрупол-октуполни състояния има такива с момент и четност 1^- , т.е. $[2^+ \times 3^-]_1$. Така че съвсем естествено е да се предположи, че нисколежащите 1^- състояния са двуфотонни квадрупол-октуполни състояния. Тази структура води до добре определени свойства на $E1$ -преходите. Диполният електрически оператор в първо приближение също може да се представи като бозонен оператор. Силни $E1$ -преходи се получават, когато чрез диполния електрически оператор се извършва обмен на силно колективен фотон между основното и възбуденото (еднофотонно) състояние. Когато обаче $E1$ -преход свързва основното и двуфотонно състояние, то този преход трябва да е слаб, тъй като диполният електричен оператор разрешава обмен само на един фотон, а не два. Или, казано по друг начин, преходът между основното и двуфотонните състояния са забранени поради различния брой бозони. Този ефект е изучен подробно в работата [1], където преходите, свързващи основното и двуфотонните състояния са наречени “бозонно забранени” преходи. Но защо все пак $E1$ -преходи се наблюдават. Причината е във фермионната природа на възбудените състояния. Като заменяме фермионните двойки с бозони ние изкуствено ограничаваме свойствата на системата. Ако изоставим бозонните комутационни съотношения и пресметнем точно новите членове, които се появяват, ще видим, че тези нови членове свързват основното и двуфотонните състояния. Изчислените поправки са малки, което съответства на очакванията за слаби нискоенергетични $E1$ -преходи. Дотук добре – намерено е качествено обяснение. Слабите $E1$ -преходи са т. нар. бозонно забранени преходи. Но, оказва се, че това не е всичко. Пресмятанията показват, че отчитането на “бозонно” забранената част води до слаби, но все пак почти на порядък по-силни от измерените стойности. Къде може да се търси решението? Гигантският диполен резонанс е възбуждане от изовекторен тип. Това означава, че при неговото възбуждане изотопическият спин на ядрото се променя с 1, докато проекцията му не се променя и остава същата както на основното състояние. Нисколежащите 2^+ и 3^- състояния са от изоскаларен тип, т.е. нито изотопическият спин, нито неговата проекция се изменят при тези възбуждания. Ясно е, че двуфотонното квадрупол-октуполно състояние също ще е от изоскаларен тип. Така че природата на двата типа 1^- възбуждания е доста различна. Остатъчното взаимодействие води до смесване на тези различни състояния. Вълновата функция на нисколежащото 1^- състояние е доминирана от двуфотонната квадрупол-октуполна компонента, но тя съдържа и малка част от компонентата, свързана с гигантския диполен резонанс. Поради различната природа на тези компоненти техният принос в $E1$ -прехода е деструктивен, т.е. от приноса на двуфотонната компонента трябва да се извади приносът на гигантския диполен резонанс. Пресмятанията показват, че този механизъм обяснява напълно стойността на $E1$ -преходите. Нещо повече, по този начин може да се обясни и стойността на ефективния заряд, предложен от О. Бор за описание на нисколежащите $E1$ -преходи. Възбуждането на гигантския диполен резонанс е ефект, свързан с промени на движението на неутроните спрямо протоните в ядрото. Това води до поляризация на ядрото. Ясно е, че тази поляризация е съществена за обяснение на малките стойности на нисколежащите $E1$ -преходи.

Направените по-горе разсъждения са в основата на систематиката на нисколежащите E1-преходи, направена в цитираната статия на акад. В. Андрейчев. Направен е анализ на голям брой преходи в ядра, принадлежащи към различни области на периодичната система. Еднозначно е показано, че диполната поляризация на ядрото е основна за правилното обяснение на малките стойности на тези преходи. Цитираната работа е един много добър пример за взаимодействие на водещи теоретични идеи и тяхното приложение към конкретни ядрени процеси. Такова взаимодействие между експеримент и теория е типично за големите ядрени центрове. То обаче се прави от учени с комплексна подготовка, ориентирани се много добре в новостите на теорията и умеещи да извлекат от експерименталните резултати подходяща информация. Приятно ми е да споделя, че такъв учен беше акад. В. Андрейчев. Неговата широка професионална култура и лекотата с която общуваше с водещи специалисти по ядрена физика му даваха възможност да прави дълбоки и ефектни обобщения за свойствата на атомното ядро. Лично за мен беше голямо удоволствие общуването с този голям български учен.

[1] V. Yu. Ponomarev, Ch. Stoyanov, N. Tsoneva and M. Grinberg, *Nucl. Phys.* **A635**, p. 470 (1998).

* * *

II. НЯКОИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ФОРМАТА НА ЯДРОТО

II. Петков

За едно работно определение на формата на ядрото можем да използваме представата ни за пространственото разпределение на ядрената материя. При това става дума за една усреднена по времето величина, около която са възможни трептения на ядрената повърхност от различен мултиполен порядък. Очевидно така формулираният проблем ще бъде по-лесен за третиране в рамките на колективни ядрени модели, в които индивидуалността на нуклоните – съставни части на ядрото, е повече или по-малко загубена. Независимо от този недостатък подходът има смисъл и своя ценност, защото в неговите рамки могат да бъдат директно интерпретирани най-нисколежащите състояния на четно-четните ядра. Нещо повече, определения по този начин параметри на формата на ядрото могат да бъдат сравнявани със стойностите, изчислени в рамките на микроскопичния подход, т.е. последователно отчитане на многочастичния характер на ядрения проблем. Следователно експерименталното определяне на основните характеристики на ядрената форма е от много голямо значение както за разбиране на естеството на основното и възбудените състояния, така и за проверката на ядрените модели.

В началото на 90-те години акад. Андрейчев насочи част от научните си интереси към изучаване на най-широкия клас нисколежащи колективни възбуждания, свързани с квадруполните степени на свобода. При описанието на този тип възбуждания широко се използват две динамични променливи, въведени от О. Бор. Едната от тях е параметърът на общата квадруполна деформация β , характеризираща отклонението на формата на ядрото от сферична симетрия. Другата, параметърът γ , описва отклонението от аксиалната симетрия. Имащите формата на удължена пура с аксиална симетрия ядра се характеризират с $\gamma = 0^\circ$, а тези с формата на сплеснат диск се характеризират с $\gamma = 60^\circ$. Промеждутъчните форми ($0^\circ > \gamma > 60^\circ$) са с нарушена аксиална симетрия. Тук е мястото да отбележим, че отклоненията от сферична и аксиална

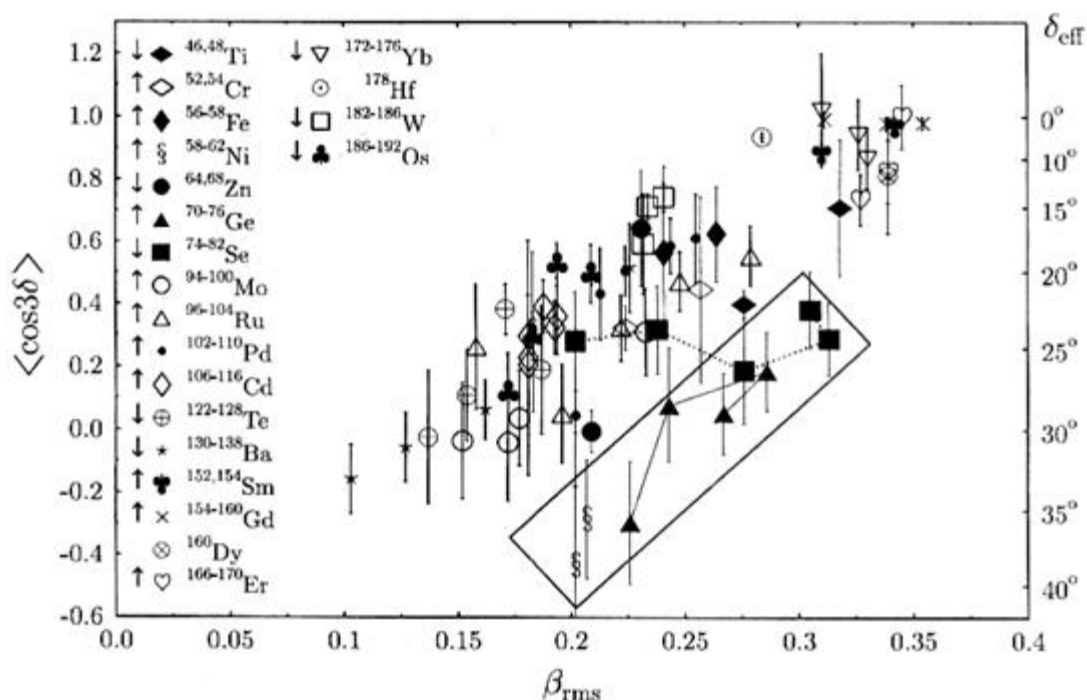
симетрия могат да имат статичен и/или динамичен характер. Например едно статично деформирано по β -ядро, имащо формата на елипсоид, може да извършва нарушаващи аксиалната симетрия трептения. Това са така наречените γ -вибрации в добре деформираните ядра. В този смисъл, когато се разглеждат променливите β и γ , както и описваните от тях ядрени форми, е за предпочитане, поради сложността на съответните вълнови функции, тези променливи да се характеризират със средните си стойности и моменти от по-висок порядък.

Централен за разбирането на наблюдаваните ядрени форми е въпросът за възможната корелация между средните стойности на β и γ . Този въпрос е изследван оригинално и задълбочено в няколко работи на акад. В. Андрейчев. При това се използват експериментални E2 матрични елементи за преходи, от които могат да се построят инварианти от различен порядък съгласно формализма, предложен от Д. Клайн. Тези инварианти дават възможност за в много голяма степен моделно независимо определяне на средните стойности и свойствата на разпределенията на деформационните параметри. Така например за основното състояние на едно четно-четно ядро може да се напише:

$$\frac{3ZE_0^2}{4\pi} \langle \beta^2 \rangle = \sum_i |\langle 0_1^+ || E2 || 2_i^+ \rangle|^2, \quad (1)$$

където Z е зарядът на ядрото, а R_0 е неговият радиус. При известни приведени експериментални E2 матрични елементи, сумата в дясната страна на уравнението може

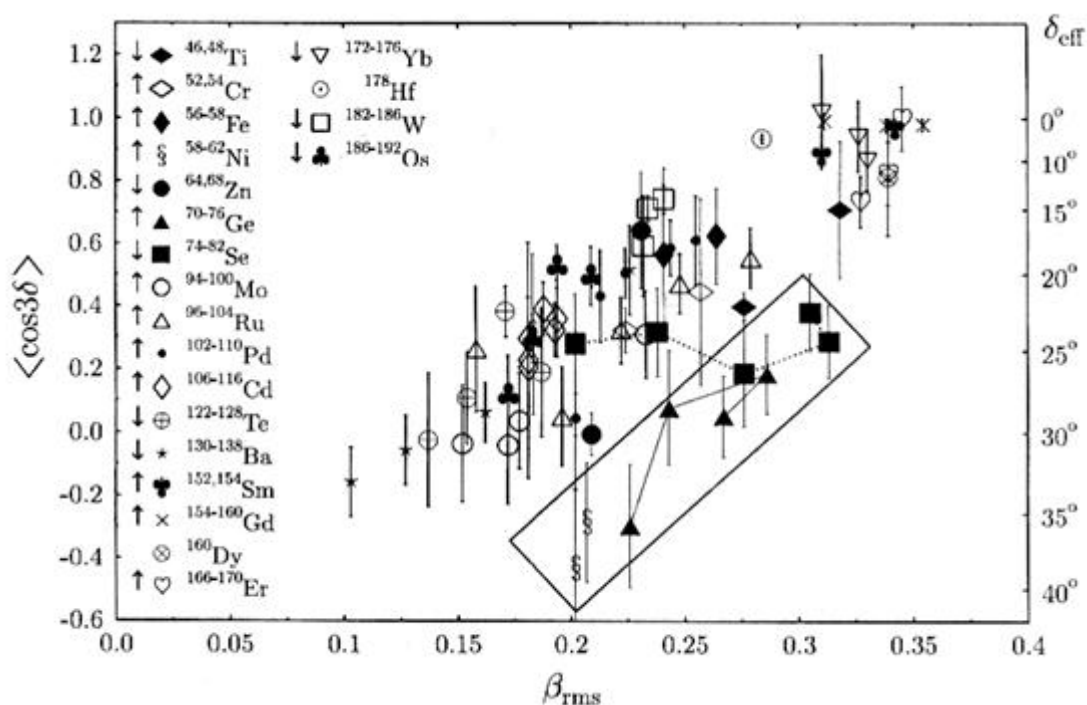
да се изчисли и да се извлече средноквадратичната стойност $\beta_{rms} = \sqrt{\langle \beta^2 \rangle}$ на параметъра β . Ще отбележим, че сумата в уравнението е по всички възможни възбудени 2^+ състояния. Аналогичен, макар и по-сложен, израз може да се напише за очакваната стойност на $\cos(3\gamma)$. От него може да се изведе ефективната стойност на γ , която ще означаваме с δ . По принцип така могат да се построят инварианти за всяко възбудено състояние, но необходимият за конкретни изчисления набор матрични елементи е известен обикновено само за основните състояния на четно-четните ядра. Дори в този случай експерименталната информация е ограничена само за преходите към първите няколко 2^+ състояния.



Фиг. 1. Средни стойности на $\cos(3\delta)$ в зависимост от средноквадратичната деформация β_{rms} . В дясно са нанесени ефективните стойности на δ . Стрелките указват, че в съответната изотопна верига масовото число нараства ($\uparrow$) или намалява ($\downarrow$) с увеличаване на квадруполната деформация

Акад. В. Андрейчев предложи и лично изследва следствията от едно опростяване на проблема, т.е. свеждането на сумите от типа на тези в уравнението до преходите към първите две 2^+ състояния. Оказа се, че това приближение е много добро и води до плодотворни резултати. То позволи да бъде изследвана корелацията между β_{rms} и δ в основните състояния на редица четно-четни ядра. В работата [1] са изследвани ядра с $94 \leq A \leq 192$, а в следващата работа [2] към тази група бяха прибавени и редица ядра с $A \geq 46$. Корелацията между деформираните параметри е илюстрирана на Фиг. 1. От нея се вижда, че на определена стойност на β_{rms} съответства ограничен брой възможни стойности на $\langle \cos(3\delta) \rangle$. Същевременно група ядра, оградени с правоъгълник на Фиг. 1, показват поведение, което се отличава от това на останалите. Това е доказателство, че методиката, предложена от акад. Андрейчев е чувствителна и към локални ядрено-структурни ефекти. Последното става по-ясно, ако дискутираната информация се представи в термини на минималния ексцентрицитет ε на ядрения елипсоид като функция на масовото число A (Фиг. 2). Очевидно ядрата $^{72, 74, 76}\text{Ge}$ и $^{74, 76, 78}\text{Se}$ се отличават в основно състояние с минимален ексцентрицитет, който е значително по-голям от този на останалите ядра. Ще напомним, че минималният ексцентрицитет е мярка за отклонение от аксиална симетрия и се дефинира като отношение на разликата в квадратите на двете полуоси, които не се асоциират с оста на симетрия, към квадрата на по-голямата от тях. За този ефект по всяка вероятност допринасят активни за дадена група ядра протонни и неутронни едночастични състояния, които са свързани с големи матрични елементи на квадруполния оператор Y_{22} (вж. също [3]). Въпросът за естеството на отклонението от аксиална симетрия остава открит, защото са възможни три интерпретации на данните. Едната възможност е неаксиалната деформация да е статична, т.е. минимумът на потенциалната енергия в

основно състояние да е разположен при стойност на параметъра $\delta(\gamma)$ силно различаваща се от 0° или 60° . Втората възможност е тази деформация да е предимно динамична, т.е. да се дължи на плосък по γ потенциал. И, разбира се, последната възможност е на практика да се реализира суперпозиция на статична и динамична γ -деформация. И на този въпрос използваната от акад. В. Андрейчев методика може да даде отговор, но за неговия характер основна дума ще имат бъдещите експериментални изследвания, които ще определят достоверно необходимите E2 матрични елементи. Същевременно установената експериментална корелация между стойностите на β_{rms} и $\delta_{\text{eff}}(\gamma)$ представлява, и можем само силно да се надяваме не за дълго, едно истинско предизвикателство за моделите, целящи широкомащабно описание на свойствата на ядрата, започвайки с основното състояние.



Фиг. 2. Ексцентрицитети ϵ на представените на Фиг. 1 ядра. Те са изчислени по формулата $\epsilon = \sqrt{15/\pi} \beta \sin(\delta_{\text{eff}})$ за $0^\circ \leq \delta_{\text{eff}} \leq 30^\circ$ и $\epsilon = \sqrt{15/\pi} \beta \sin(60^\circ - \delta_{\text{eff}})$ за $30^\circ \leq \delta_{\text{eff}} \leq 60^\circ$. Областта $68 \leq A \leq 82$ е показана по-подробно

[1] W. Andrejtscheff and P. Petkov, *Phys. Rev.* **C48** (1993) 2531.

[2] W. Andrejtscheff and P. Petkov, *Phys. Lett.* **B329** (1994) 1.

[3] A. Bohr and B. R. Mottelson, *Nuclear Structure*, **2** (Benjamin, Reading, MA, 1975)

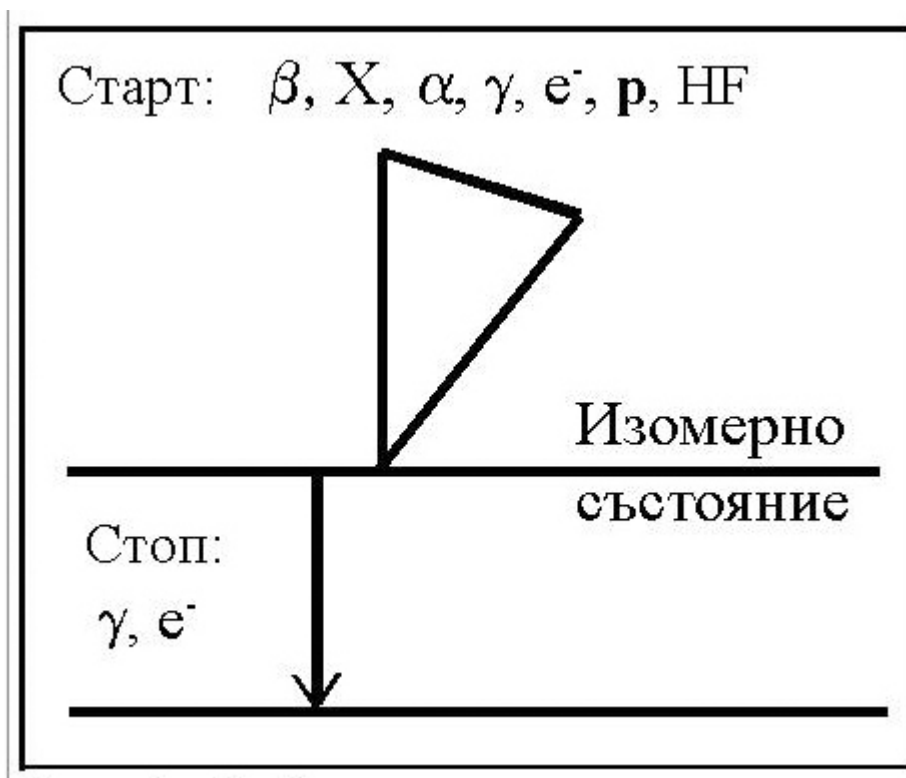
* * *

III. ОБОБЩЕНИЙ МЕТОД НА ЦЕНТЪРА НА ТЕЖЕСТТА

Лъчезар Костов

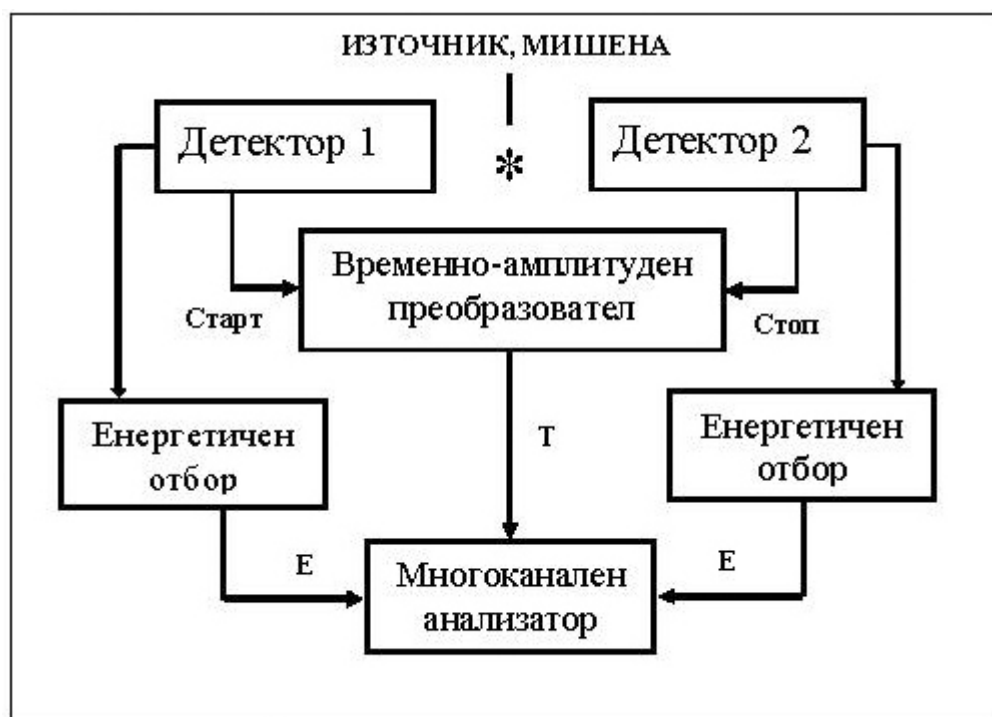
Дори беглият преглед на творчеството на академик Венцеслав Андрейчев позволява да се направят два извода. Първият е, че благодарение на неговите задълбочени и систематични изследвания на абсолютните вероятности за електромагнитни преходи между възбудени ядрени състояния бе получена нова,

съществена и голяма по обем информация за структурата на атомните ядра. Вторият е, че разработеният от него обобщен метод на центъра на тежестта разшири арсенала от методи за изследване на явленията ядрена изомерия в една труднодостъпна за класическите методи област – между 100 и 5000 пикосекунди. Усъвършенстването и прилагането на метода от него и негови сътрудници за серийни измервания в радиоактивен разпад и различни видове ядрени реакции доведе до локализирането на стотици ядрени изомери.



Фиг. 1. Събития, характеризиращи момента на заселване (Старт) и на разреждане (Стоп), при измерване на времена на живот. Налитащата частица при дадена ядрена реакция е отбелязана с p

Методът на забавените съвпадения, чийто съвременен вариант е обобщеният метод на центъра на тежестта, заема особено място сред останалите методи за измерване на времена на живот на възбудени ядрени състояния. Това се дължи преди всичко на неговата универсалност, което означава, че приложението му не се ограничава нито от типа на лъчението, нито от начина на възбуждане на нивото. Единственото изискване е измерването на време на живот да лежи в областта на приложимост на метода, която е от 10^{-3} до 10^{-11} s. Основният принцип на метода на забавените съвпадения е илюстриран на Фиг. 1 и се състои в измерване на времеви интервал между моментите на заселване и разреждане на изследваното ядрено състояние. Тези две събития обикновено са представени чрез два електрически сигнала. Единият се формира в момента на възбуждане на нивото. Той може да бъде получен или от детектор, регистриращ лъчението, което заселва нивото, или пък електрическият импулс може да бъде синхронизиран със снопа на ускорителя, използван за получаване на възбуденото състояние. Вторият сигнал винаги се получава от детектор, с който се измерва лъчението, разреждащо изследваното ниво. И в двата случая се измерва времевият спектър, представляващ разпределението на времеви интервали между двата сигнала.



Фиг. 2. Принципна блок-схема на установката за измерване на времена на живот по този метод на забавените съвпадения.

На Фиг. 2 е представена класическа бързо-бавна схема на съвпадения с времева и енергетична селекция на излъчванията, съответстващи на моментите на възбуждане и разпад на изследваното ниво. Централната част в тази схема е времево-амплитудният преобразовател (ВАП), който преобразува времевия интервал между старт- и стоп-импулса в електрически импулс с амплитуда, пропорционална на времевия интервал между двете събития. По такъв начин измерването се свежда до амплитуден анализ на импулсите от ВАП с помощта на многоканален анализатор.

Начинът, по който се определя времето на живот τ на изследваното състояние, зависи от временното разрешение на апаратурата $2\tau_0$. Когато измерваното време на живот е $\tau > 2\tau_0$, се наблюдава добре изразен експоненциален спад на времевата крива, по който се определя самото време на живот. Когато средното време на живот на изследваното ниво е $\tau < 2\tau_0$, за определяне на τ се използва методът на центъра на тежестта. В този случай

$$\tau = [tD(t)dt / \int D(t)dt - tP(t)dt / \int P(t)dt].$$

Тук с $D(t)$ е означена времевата крива, съответстваща на изследваното ниво, а $P(t)$ е мигновената времева крива. При прилагането на метода е съществено да се отбележи, че кривите $D(t)$ и $P(t)$ трябва да са измерени за лъчение с еднаква енергия. Това е една от главните причини, която силно е ограничавала прилагането на метода.

В началото на 70-те години в Росендорф акад. Андрейчев предлага отместването на центъра на тежестта на времевата крива, съответстваща на изследваното ниво, да се определя спрямо "нулева линия", получена от интерполацията на центровете на тежестта на мигновени времеви криви, измерени при различни енергии. По този начин се преодолява проблемът с разликата в енергиите на мигновената и "забавена" времева

крива. Разбира се, реализирането на тази идея става възможно, когато развитието на експерименталната техника позволява едновременното измерване на повече от едно временни разпределения. Може би е интересно да се отбележи, че първите резултати на акад. Андрейчев в това направление са получени с използването на 2048-канални анализатори, чиято памет е разделяна на 16 сектора. Те са намерили отражение в една институтска публикация [1].

Следват години на интензивни методически изследвания и разработки, през които обобщеният метод на центъра на тежестта е развит по същество в сегашния му вид и се превръща в утвърдена методика в Централния институт за ядрени изследвания в Росендорф [2].

Прилагането на обобщения метод на центъра на тежестта, съчетано с развитието на експерименталната и компютърна техника, налага постоянното му усъвършенстване през последващите години. Така например в [3] се описва приложението на метода в реакции с тежки йони. При измервания в широк енергетичен диапазон се налага познаване на енергетическата зависимост на нулевата линия – [4] и [5] са отражение на такива изследвания. Следват усъвършенствания на метода, при които се елиминират пречещи мигновени компоненти в измерваните времеви разпределения [6], както и влиянието на каскадни изомери [7].

През 80-те години обобщеният метод на центъра на тежестта е утвърдена методика и намира широко международно признание. Акад. Андрейчев и негови сътрудници са канени в различни авторитетни ядренофизични лаборатории за прилагане на метода в съвместни експерименти. С помощта на метода са измервани времена на живот в следните лаборатории (изредени в хронологичен ред):

- Централен институт за ядрени изследвания на АН на ГДР, Росендорф - в реакции с неутрони, протони и алфа-частици;
- ОИЯИ, Дубна – в радиоактивен разпад;
- ИЯИЯЕ, БАН – в радиоактивен разпад;
- Rutgers University, New Brunswick, USA - в реакции с тежки йони;
- Max Planck Institut für Kernphysik, Heidelberg - в реакции с тежки йони;
- Institut für Kernphysik der Universität zu Köln - в реакции с тежки йони.
- Institut Laue-Langevin Grenoble - в реакции с неутрони.

Широкото прилагане на обобщения метод на центъра на тежестта и получените огромни брой нови резултати превръщат ръководената от акад. В. Андрейчев група в ИЯИЯЕ във водеща в света при изследването на ядрената структура посредством експерименталното определяне на абсолютните вероятности за електромагнитни преходи. Сътворени са безспорно едни от светлите страници на българската физика, където името на академик Венцеслав Андрейчев е написано с главни букви.

Благосклонността на съдбата отреди да започна професионалното си развитие като негов дипломант, както и щастието до последните му дни да остана един от неговите най-близки сътрудници. Прекланяйки се пред неговата светла памет, още веднъж изказвам професионална си и човешка благодарност към него.

1. P. Manfrass, W. Andrejtscheff, K.-D. Schilling und W. Seidel, *Zentralinstitut für Kernforschung, ZfK-255*, Mai 1973.
2. W. Andrejtscheff, U. Hagemann, L. Kaeubler, H. Prade, K.-D. Schilling, *F. Stary Nukleonika*, **23**, No. 1-2 (1978).
3. W. Andrejtscheff, M. Senba, N. Tsoupas and Z. Z. Ding, *Nuclear Instruments and Methods*, **204** (1982) 123.
4. C. Heiser, H. Rotter, L. K. Kostov und F. Stary, *KfK-Report* **443** (1981) 189.

5. L. Kostova, L. Kaeubler, H. Prade and G. Winter, *ZfK-Report* **638** (1988) 102.
6. P. Petkov, W. Andrejtscheff, L. K. Kostov and L.G. Kostova, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, **A271** (1988) 617.
7. P. Petkov, W. Andrejtscheff and S. Avramov, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, **A321** (1992) 259.

*Доклади, изнесени на семинара в памет на акад. В. Андрейчев (1941-2001), проведен на 27.03.2002 г. в ИЯИЯЕ, БАН.

Във връзка със 100-годишния юбилей на Енрико Ферми (1901 – 1954) препечатваме подобрени извадки от книгата на известния италиански физик Карло Бернардини “Физиката в италианската култура на XX век” (“La fisica nella cultura italiana del Novecento”, Roma, 1999). Те не само добре допълват картината на епохата, когато твори забележителният физик, но и дават представа за широкия културологичен поглед на автора и за загрижеността му, свързана с историята на науката и нейното влияние върху културата и просперитета на една нация, дават поводи за разнопосочни размисли, може би ... и за “момчетата от бул. Цариградско шосе” (доскоро бул. Ленин).

Бел. прев.

МОМЧЕТАТА ОТ УЛИЦА ПАНИСПЕРНА

Карло Бернардини*

Кой трябва да пише историята на физиката? Един ден, не много отдавна, Едуардо Амалди ми каза, че е сериозно загрижен за многобройните документи, свързани с историята на физиката, които са се натрупали в нашия институт. Неговият кабинет, разположен на втория етаж на корпуса “Маркони” в Римския университет беше запълнен с архивни материали, а стените бяха покрити със снимки на приятели и с писма на негови знаменити чуждестранни колеги.

В известен смисъл Амалди, когото всички в института наричаха “татко”, трябваше да притежава инстинктивна психологическа съпротивляемост относно всякаква работа в областта на историята на физиката: строгата школа на Ферми и Разети не допускаше отклонения от чистата изследователска работа. Историята се смяташе за задача на други, а за физика това беше просто загуба на време. Но на Амалди не му харесваше историята, писана от други: много далеч от живота, много далеч от физиката. Това, което написа Леонардо Шаша - “Изчезването на Майорана” [1] - го развълнува извънредно много, но и до днес няма да забравя резките думи, които той каза по повод излизането на тази книга.

В италианския културен живот науката никога не е имала особено значение. Постиганията на физиката или математиката, както и на биологията или геологията, оставаха много далеч от всекидневните интереси на обществото. Действително образованието, придобивано в средните училища, е недостатъчно за разбирането на същността на тези науки. Именно затова Амалди виждаше необходимостта от такава разностранна фигура като физика-историк (което може да се каже и за математика или биолога). Ставаше дума за това, че историята на науката може да стане област на изследване за някои учени от по-старото поколение - с богат опит, но вече не толкова продуктивни, колкото в младите си години. Сам той имаше вкус към такава дейност.

Обаче, за разлика от повечето от нас, Амалди беше също и “политик в науката” – един от онези, които, благодарение на своята интуиция, предопределят бъдещото развитие на изследванията в своя институт. И той разбираше връзката на тази способност с познаването на историята на науката. Той знаеше, че Италия е страна на безразличието и даже в някаква степен съзнателно враждебна към науката и причините за това се крият в лекомислената атмосфера на светските салони: хладни за науката и далеч от чувствата и страстите, бушуващи в областта на етиката, правото и политиката. Физиката или математиката в Италия е била подозирана в притежаване на мистични зли сили, способни на покушения върху живота с помощта на невидими сили, в изобретяването на жестоки методи за решаване на вечните и нерешени социални проблеми. Начинът на мислене в тези науки е изглеждал механистичен, не

съответстващ на човешките правила, тласкащ го в обятията на роботите. Различни хора – философи, журналисти, романисти – говорят за науката по своему, но в голямата си част някак от страни, като за неща от друга, чужда цивилизация. Много от тях и не подозират, че във физическите или математически резултати, може би като в някои други, се съдържа огромна доза високоорганизирано мислене.



Енрико Ферми

Физиката в началото на нашето столетие. Историята на развитието на римската физична школа, ако се погледне отстрани, има вид на легенда. Отначало е бил Пиетро Блазерна, който родил Орсо Марио Корбино, който родил Енрико Ферми, който родил Едуардо Амалди, който родил ... И тук по-добре да спра, защото, много вероятно, ще са ни необходими още няколко века, за да поставим точка на това изречение.

Кой е бил всъщност Пиетро Блазерна (1836 - 1918)? Той е вдъхновителят и строителят на Института на улица Панисперна, който е станал легенда благодарение на събитията, имащи международна значимост (и не само научна). Създаването на знаменития Институт започва през 1877 г. и завършва през 1880 г. По това време Блазерна изминава целия път към върха по стълбицата на длъжностите и почестите: президент на факултета, ректор, сенатор на Кралството, вицепрезидент на Сената, президент на Академия дей Линчеи, секретар на Обществото на Четиридесетте [2], генерален секретар на Международния комитет за мерки и теглилки. Амалди казва: “Въпреки че научните постижения на Блазерна са скромни, неговото влияние върху научната култура в нашата страна в периода на първите 30-40 години от съществуването на Италианското Кралство е без съмнение достатъчно голямо”.

Лесно е да се установи как се е проявило това влияние. Той е имал значителен брой ученици, пръснати по целия полуостров. Установил е добри международни връзки и е ръководил вътрешната политика за научни изследвания, привличайки вниманието и изграждайки уважението на италианските власти. Учредил това, което днес се нарича общоинститутски семинар. Обкръжил се със знаещи и можещи помощници и основал истинска династия на квалифицирани научни и административни ръководители. Но шедьовърът на Блазерна несъмнено е Институтът на улица Панисперна, чиято 25-

годишнина е била тържествено чествана през 1905 г. в присъствието на министъра Паоло Босели и който послужил за модел – разработен в детайли, – за “научно заведение” за своето време.



Зданието на Института по физика на улица Панисперна

Започвайки от тогава, физическите изследвания в Италия престават да бъдат занимание на отделни индивиди и придобиват общонационален характер, въпреки че и до ден-днешен в историческите трудове на известни съвременни хуманисти, изучаващи изграждането на нашата цивилизация, все още не може да се намерят никакви указания за събития и личности от тази област. Без съмнение значителна част от вдъхновението за по-нататъшните физически изследвания е свързано с делото на един от учениците на Пиетро Блаерна – Орсо Марио Корбино (1876 - 1937), наследил неговия стил, широта на възгледи и способността да събира около себе си първокласни млади учени – т.нар. “момчета от улица Панисперна”, известни под това име и в светските хроники. Било е необходимо немного време, за да получат те признание и в международните кръгове.

30-те години. Нарастването на общността на физиците и математиците продължава многообещаващо до средата на 20-те години, но с приближаването на следващото десетилетие постепенно се очертава задаващата се катастрофа. Тя е обусловена от множество съпътстващи причини, които на учените им е било трудно да предвидят. Към края на първата световна война ситуацията е следната: през 1918 г. Орсо Марио Корбино замества Блаерна и скоро успява да привлече около себе си гениални млади момчета, едва навършили двацет години, започвайки с Енрико Ферми (1901 - 1954) и Франко Разети (р. 1901 г.). Скоро към тях се присъединяват Еторе Майорана (1906 - 1938), Емилио Сегре (1905 - 1987), Едуардо Амалди (1908 - 1989), Бруно Понтекорво (1913 - 1994). Нещо подобно става и във Флоренция около Антонио Гарбасо, изградил колектив, в който влизат Бруно Роси (1905 - 1993), Джилберто Бернадини (1906 - 1995), Джузепе Окиалини (1907 - 1993). В контакт с тях на други различни места активни изследвания провеждат Енрико Персико (1900 - 1969), Джулио Рака (1909 - 1965), Джанкарло Вик (1909 - 1992). На сцената се появява и математикът Вито Волтера (1860 - 1940), благодарение на когото ръководството на научните изследвания се централизира чрез основания през 1923 г. Национален съвет за научни изследвания (CNR), чийто първи президент е той.

До 1921 г. длъжността министър на народното образование се заема от Бенедето Кроче [3], сменен от Орсо Марио Корбино, който е привърженик на гражданските и либерални традиции и успявайки да избегне конфронтация с партията на Мусолини, си

пробива път в италианската политика. Благодарение на тази предпазливост групата от улица Панисперна не усеща намесата на политиката почти до 1938 г. (всъщност до смъртта на Корбино). След това започва вълна от събития, инициирани от приемането на расистките закони и в Италия. Математиците се противопоставят открито на новата политика, в частност Волтера, който се намира под специален надзор на полицията поради заявените му антипатии към фашизма. Още през 1926 г. той е принуден да напусне поста президент на CNR в полза на “свещената крава” Гулиелмо Маркони (1874 - 1937), който е представен като забележителен учен-самоук.



Екипът на Ферми в Рим през 1934 г.: (отляво) Оскар Агостини, Емилио Сегре, Едоардо Амалди, Франко Разети и Енрико Ферми

Фашизъм и расизъм. Фашистският режим не се отнася забележимо враждебно към научните изследвания, особено ако те се отнасят до важни за самия него проблеми. Не се проявяваха характерните за националсоциалистите усилия за установяване на “италианска наука” по образец на немската и напъни да се утвърди етническо превъзходство. Обаче нещата се усложниха, когато италианските фашисти решиха да съдействат на нацистките расистки преследвания, провеждайки ги и у нас против италианските граждани от еврейска националност.

През 1923 г. Корбино поема министерството на икономиката, а Джовани Джентиле - министерството на образованието [4]. Последният не се опитва да прикрие склонността си да разглежда научната дейност само от гледната точка на практическата полза за страната. Последствията от подобни схващания за културата скоро се проявяват: през 1931 г. изчезва Комитетът по математика към CNR. Волтера, заедно със само 11 други професори от близо 1200, отказва да положи клетва за вярност към режима и е принуден да слезе от сцената, като е освободен от заемания пост на 1 януари 1932 г. с мотив “несъответствие с общите политически директиви на правителството”. Той умира на 11 октомври 1940 г. и политическото управление на римската полиция обявява: “Днес сутринта в 4 часа и 30 минути в квартирата си на улица Лучина 14 почина сенатор Вито Волтера, син на Аврам, от еврейската раса”.

Грубата и тежка ръка на такива режими като фашисткия, нацисткия или комунистическия, за които необходимостта от култура произтича от идеологични предпоставки, водят до драматични последствия, например преместването на цвета на европейската научна интелигенция в САЩ през 30-те години. На режима бяха удобни основно хора със скромни способности, докато първокласните мозъци можеха да бъдат изгонени с расови или политически мотиви.

През 1937 г. Ферми храни все още някакви надежди за внимание от страна на правителството и се опитва да организира Институт за ядрени изследвания към CNR. Това предложение е съпроводено от писмената поддръжка на Разети, Антонио Карели и Алфредо Покетино, както и с такава от името на Италианското общество за съдействие на научния прогрес, мотивирано с аргумента, че радиоактивните материали имат многобройни приложения в различни области (това обстоятелство е подчертано, за да предизвика интереса на режима). Първоначалните разходи са оценени на 230 000 лири плюс още 300 000 лири в течение на първите две години за непосредствена работа. Става дума за числа, сравними със съответните разходи в други страни, но с още една съществена добавка – строителството на циклотрон за компенсиране на слабите по това време източници на неутрони. Не е изключено именно поради отказа на правителството Ферми да започва да мисли за емигриране, което всъщност се осъществява скоро. Случаят му се предоставя, когато му е присъдена Нобеловата награда [5]. Мотивите за бягството са различни и смесени.

Най-известният от тях е еврейският произход на жена му Лаура Капон, но липсата на достатъчни средства за работа също имат своето значение. На 25 юли 1938 г. фашистката партия, в съответствие с Манифеста, издаден от учени-расисти, пристъпва към приемане на редица закони, ограничаващи гражданските права на евреите. Под ударите се оказват работещите като професори, преподаватели или асистенти физици Бруно Роси, Емилио Сегре, Джулио Рака, Джорджо Тодеско, Серджио де Бенедети, Уго Фано, Лоренцо Емо Каподилиста, Лео Пинкерле, Нела Мортара и Еудженио Куриел. Убежище във Франция вече е намерил Бруно Понтекорво, а Разети, въпреки че законът не го засяга, в знак на протест е заминал доброволно в изгнание. Всред физиците емиграцията е по-масова от тази при математиците, които са предимно по-възрастни и са решили да останат в страната си и да се опитат да помогнат на евреите, които не са успели все още да се укрият. Броят на италианските учени с ранг на професор, отстранени от длъжност на основание расовите закони, е 27, което е съществена част от уволнените 96 души.

Физиците, събрани от Корбино и Гарбасо, преди да се разпръснат из Европа и САЩ - до появата на расистките закони, са изпълнявали добре разгърнати изследвания. Само благодарение на търпението и издръжливостта на Едуардо Амалди, който събира нова група млади физици, заразени от духа на улица Панисперна, е преодолян периодът от 1938 г. до края на втората световна война. В края на краищата именно тези усилия извеждат и задържат италианците на международно равнище във физиката. Вероятно своята роля изиграва и възрастта на физиците: по-млади от четиридесетте години по времето на трагедията. С математиците нещата стоят по-зле: най-известните сред тях, по-възрастни от физиците и вече заемащи отговорни длъжности (като Волтера, например), не са могли да се държат настрана от политическата буря още от самото начало (края на 20-те години), докато по-младите, изправени пред перспективата да се издигнат в ръководните среди, са били по-лесно съблазнявани (както става с Франческо Севери или с Мауро Пиконе). В резултат на това към края на войната големите математици или вече са починали, или са вече твърде стари, а по-младите и техните ученици нямат онази привързаност към делото, която би им гарантирала неопетнена репутация.

Катастрофата на италианската физика. ... *“Влакът със семейството на Ферми тръгна от гара Термини (в Рим) за Стокхолм на 6 декември 1938 г. вечерта. Франко Разети, жена ми Джинестра, някои техни роднини и аз стояхме на перона да се простим с тях и след това се разотидохме по домовете си.*

По пътя се заглеждах в случайните срещнати хор, които естествено не бяха загрижени, но аз знаех, ние знаехме, че тази вечер без съмнение свършва един много

кратък период от историята на цивилизацията на Италия, период, който би могъл да продължи и да се развива и вероятно би имал голямо влияние върху университетските среди, а с течение на времето – и върху цялата страна.

Нашият малък свят беше потресен, нещо повече – почти разрушен от сили и обстоятелства, напълно странични на нашата област на дейност. Сериозният наблюдател би могъл да каже, че това е било наивна идея – да се изгражда такава крехка и деликатна постройка на склона на вулкан, ясно даващ признаци за нарастваща активност. Но ние бяхме родени и израсли по тези склонове и винаги сме мислили, че това, което правим, е по-дълговечно от политическата фаза, която преживява страната ...“

Това е извадка от драматичните спомени на Амалди, разказани от него на събрание, посветено на перспективите на фундаменталната физика, състояло се в Института Маркони на Римския университет на 5 септември 1978 г.

Ферми не беше единственият физик, който напусна страната. Бруно Роси, който беше назначен за професор в Падуа през 1933 г., замина заедно със съпругата си Нора за Копенхаген на 12 октомври 1938 г. Те успяха да осъществят това бързо бягство благодарение на остатъка от една неотдавнашна стипендия, която Бруно беше получил за неколкomesечната си работа в лабораторията на Валтер Боте в Шарлотенбург, в околностите на Берлин.

Емилио Сегре, който беше професор в Палермо от 1935 г., в началото на 1938 г. се отправи за Бъркли, за да работи с краткоживущия изотоп 43 на технеция, открит от него заедно с Карло Переро в Палермо през 1937 г. Виждайки развитието на политическата ситуация в Италия и въобще в Европа, той реши да остане в САЩ и писа на жена си Елфрида бързо да отиде при него в Бъркли заедно с двугодишния им син Клаудио.

Джулио Рака, Уго Фано, Евгенио Фубини, Серджо де Бенедети, Лео Пинкерле и някои други вече бяха напуснали или се готвеха да напуснат Италия.

Бележки

[1] Вж. *“Светът на физиката”*, Четиво с продължение, кн. 1 – 4, 1996 г.

[2] *“Академия на четиридесетте”* – втората (наред с Академия дей Линчей) национална научна академия в Италия, в която по подобие на Френската Академия не могат да членуват повече от 40 души.

[3] Бенедето Кроче (1866 – 1952) – философ, историк и критик. Замесен и в политиката, за известно време в началото симпатизира на фашизма, но след 1925 г. минава в опозиция. Издава *“Манифест на антифашистката интелигенция”*.

[4] Джовани Джентиле (1875 – 1944) – философ и политик, реформатор на общообразователното училище в Италия, активен привърженик на фашисткия режим. Екзекутиран от партизанска групировка през 1944 г.

[5] Из полицейското досие на Енрико Ферми:

Служебна записка

Милано, 26 декември 1938 г.

Разпространяват се слухове, че академик Ферми, използвайки визитата си в Стокхолм за участие в церемониите на Нобеловите лауреати, сред които е и той, няма да се върне повече в Италия и ще остави зад граница получената премия в крони.

Тази новина, която се смята за напълно достоверна, свързват с извънредно бедната налична информация от времето, когато му е била присъдена престижната награда. Мнозина отбелязват, че италианското правителство, следвайки примера на Германия, е трябвало да издаде съответно разпореждане, което да забранява на своите граждани да приемат премии от академии и институти от демократични

страни. По мнението на други обаче репутацията на италианската преса би попаднала в зависимост от съмнителната слава на много посредствения фашист, какъвто беше Ферми: за режима би било желателно присъждането на премията да бъде на фашистки учен, но Норвежският Стортинг (sic) би възразил, че Премията се присъжда на учен, а не на учен-политик.

Привеждам тази информация до знанието Ви, понеже тя може да представлява интерес.

Министерство на вътрешните работи,
Главно управление на държавната безопасност,
Отделение на политическата полиция.

* * *

Превод (със съкращения): **Н. Ахабабян**

* Професор в Римския университет, специалист по ядрена и математична физика.
Главен редактор на научно-популярното списание “Sapere”.

ЛЕКЦИЯТА НА ВЕРНЕР ХАЙЗЕНБЕРГ ВЪВ "ФАРМ ХОЛ" (14 август 1945 г.)

Встъпителни бележки на преводача

Предлаганият превод е инспириран от юбилейните статии¹ на акад. Иван Тодоров, посветени на живота и научната дейност на създателя на квантовата механика Вернер Хайзенберг (1901-1976) и може да се разглежда като своеобразно приложение. То документира един драматичен епизод от принудителното пребиваване на големия учен и неговите колеги от т.нар. Уранов клуб в имението "Фарм Хол" в Англия, останал до неотдавна в сянката на секретността.

Откриването на деленето на урана в края на 1938 г. е изненада за физиците, макар, съгласно капковидния модел на Бор, явлението да е било предвидимо. Енергията, която се освобождава в един акт на делене, превишава на порядъци добива на всички известни дотогава процеси. Няколко месеца по-късно става ясно, че при деленето на едно ураново ядро се раждат два до три неутрона, които от своя страна могат да поддържат верижна реакция – процес, известен по-рано от химията на експлозивите. Пред физиците се открива пътят към използване на новия вид т.нар. атомна енергия в уранова машина (реактор) и за производство на експлозив (бомба).

Вермахтът проявява интерес към военното приложение на деленето на урана. През есента на 1939 г. е създаден колектив от учени, известен още като Урановия клуб, който има задача да провежда изследвания по ядрената проблематика². В кратък интервал от време Хайзенберг разработва теорията на ядрения реактор. Под негово ръководство в Лайпциг се провеждат серия от експерименти със смес от уран и тежка вода. С тази дейност ученият си спечелва авторитет сред ядрените физици и се издига като фактически ръководител на германския уранов проект. В своята по-нататъшна работа Хайзенберг се ограничава до създаването на реактор. Комбинация от благоприятни обстоятелства: закъснялото откриване на деленето, незаинтересоваността от страна на тоталитарната държава, относителната сложност и неразбиране на процеса от германските инженери, липсата на ресурси, финансиране и координация между отделните групи, и не на последно място нежеланието на водещите физици да служат на режима, попречи на Хитлер да се добере до ядреното оръжие.

В края на войната, в рамките на секретната операция "Епсилон", десет водещи германски учени от Урановия клуб са интернирани в Англия, във феодалното имение "Фарм Хол", където биват денонощно подслушвани за извличане на допълнителна информация. Дълги години магнетофонните записи и съответните стенограми са пазени в архивите на британските тайни служби, докато най-после, през 1992 г., те станаха достъпни за научната общественост.

Зад океана, разтревожени от шумно огласените от нацистката пропаганда намерения за използване на атомната енергия и от големия интерес на германците към урана и тежката вода, се заемат сериозно с разработката на ядрено оръжие. Колосалните средства и усилия, вложени в проекта "Манхатън", се увенчават с успех. След опитния взрив в Аламогордо на 16 юли 1945 г. са произведени три атомни бомби. Една уранова бомба е хвърлена над Хиросима, една плутониева разрушава Нагазаки, втора от същия вид остава неизползвана. Първата атомна бомбардировка на 6 август 1945 г. съвпада с пребиваването на германските учени във "Фарм Хол". Записаните разговори показват огромната изненада и дори недоверие, с които се посреща съобщението на ББС. Физиците опитват да си изяснят принципа и устройството на бомбата. Една седмица по-късно, на 14 август, Хайзенберг

организира своеобразен "бомбен симпозиум". Стенограмата на неговата лекция и паралелната дискусия са интересни от експертна гледна точка, но също така във връзка с нестихващите полемики за ролята и моралната отговорност на германските физици от Урановия клуб.



Фарм Хол до Кеймбридж

Докато първите оценки на Хайзенберг за критичната маса са напълно погрешни, което говори за незаинтересованост за създаване на бомба, лекцията от 14 август демонстрира изненадваща компетентност. Една седмица след Хирошима, използвайки оскъдни данни от пресата и радиото, Нобелистът-теоретик възпроизвежда точно принципа на действие и устройството на бомбата. Съвпадения могат да се открият в оценката на критичната маса, в състава на експлозивната смес, в сферичната геометрия на заряда и оръдейната система за съединяване, при посочване на необходимостта от отражател, в оценката на времетраенето и температурата на експлозията и пр. Интересно е също така колко бързо Ото Хан се досеща, че за неутронна "запалка" може да се използва радиево-берилиев източник, какъвто има в американската бомба.

От стенограмата проличава и голямото лекторско изкуство на Хайзенберг. Пред една аудитория от компетентни физици, някои от които настоящи и бъдещи Нобелови лауреати, но недостатъчно подготвени по специалната проблематика на ядреното делене и неутронната физика, той намира верния подход. Хайзенберг представя сложни проблеми по ясен и нагледен начин, използвайки крайно пестеливо математическия апарат.

Събитията и драмите от последната голяма война постепенно избледняват от дистанцията на времето, един след друг техните преки свидетели изчезват в небитието. Бъдещите изследователи ще могат да намерят опора в малкото съхранени автентични документи и това придава още по-голямо значение на записите от "Фарм Хол".

СТЕНОГРАМА НА ЛЕКЦИЯТА И ПАРАЛЕЛНАТА ДИСКУСИЯ

Хайзенберг: Бих желал да разгледам и обсъдя бомбата с уран-235 с методите, които винаги досега сме прилагали при нашата уранова машина. Излиза наяве, че всички детайли на бомбата могат да бъдат разбрани добре. Още веднъж искам да повторя какво става в тази бомба. Ако в уран-235 има един неутрон, то той ще измине

известно разстояние и ще улучи едно ядро на уран-235. Тогава може да се случат две неща: той да бъде разсеян или да предизвика делене. Разсейването може да бъде еластично или нееластично: тогава неутронът ще продължи полета си със същата или с по-малка скорост. С това обаче не се променя способността на неутрона да предизвиква делене. Следователно няма вероятност по някакъв начин неутронът да се изгуби. По-нататък процесът протича естествено така: след известно време неутронът улучва едно ядро уран-235 и го дели. При деленето се излъчват няколко неутрона. Тези неутрони правят същото, и така верижната реакция започва. Ако има достатъчно много уран-235, то във всеки случай верижната реакция би продължила произволно дълго, защото от един неутрон в процеса на делене се раждат два до три неутрона. Последните биха продължили процеса и т.н. Следователно общото количество неутрони ще нараства експоненциално.

Процесът на увеличаване броя на неутроните обаче се конкурира с процеса, при който неутроните напускат материала. Ако разполагаме с парче уран с ограничени размери, то неутроните на повърхността и тези, насочени навън, ще излязат от него, без да вземат по-нататъшно участие в деленето. Следователно въпросът е дали загубата на неутрони, предизвикана от излизане извън материала, е по-голяма или по-малка от нарастването на броя на неутроните във вътрешността. За да пресметнем или оценим това, трябва да имаме отначало сеченията на взаимодействие и свободния пробег.

Затова ще напиша една основна формула. Тя е следната: свободният пробег за някакъв процес в уран-235 е 22 cm /сечението (за този процес), като сечението е измерено в единици 10^{-24} cm^2 . Следователно, ако сечението за делене е $1 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$, свободният пробег е 22 cm . Емпиричното сечение (за неутрони в уран) е $6 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$, оттук свободният пробег е $3,7 \text{ cm}$.

Сега най-трудното е да определим сечението на делене. То зависи естествено първо много силно от скоростта на неутроните. Доколкото знаем то е около $300\text{-}400 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$ за топлинни неутрони и следователно е много голямо. Стойността за бързи неутрони вече не си спомням. Една стойност, която се намира в таблиците на Дьориг, но която е възможно да се отнася за уран-238, а не за 235, е $0,5 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$. Вярвам, че само това число е добре известно, защото бързите неутрони делят едновременно уран-235 и уран-238 и следователно, ако измерваме деления, в повечето случаи измерваме тези на 238. Не виждам как изобщо могат да се различат двете деления.



Ото Хан (1879-1968) - радиохимик, директор на Института по химия "Кайзер Вилхелм", където в края на 1938 г. заедно с Фриц Щрасман открива деленето на урана, продължавайки серия от експерименти, започнати с Лизе Майтнер. Противник на режима, Хан е срещу създаването на ядрено оръжие. Лауреат на Нобелова награда по химия за 1944 г. След войната е избран за президент на дружеството "Макс Планк". През 1966 г. е удостоен с наградата "Енрико Ферми" заедно с Майтнер и

Щрасман. В публичните си изяви апелира за забрана на ядрените опити и за разоръжаване

Хан: Защото частта на делене на уран-235 ще бъде само 0,7 %?

Хайзенберг: Това няма да може никога да се измери (без разделяне на изотопите). Не знам как. Евентуално би могло да се направи следното: трябва да се вземат неутрони, които имат малко по-малка скорост от критичната за уран-238, но не топлинни, да кажем, неутрони с енергия 105 електронволта. С тях би трябвало да проведем измерване на сечението и тогава да нормираме резултата към отношението на уран-238 към уран-235.

Фон Вайцекер: Да, тогава обаче не се знае как точно сечението ще зависи от енергията.



Карл Фридрих фон Вайцекер (род. 1912 г.) - физик-теоретик, син на заместник министъра на външните работи на нацистка Германия. Работи в областта на термоядрените реакции. През войната изследва възможността за използване на елемент 94 (плутоний) като ядрен експлозив. Във ФРГ се занимава с философски проблеми и създава Институт за изследване на бъдещето

Хайзенберг: Възможно е да се каже, че при такива високи енергии сечението ще бъде приблизително сравнимо с повърхността на ядрото. Зависимостта от енергията сигурно не е толкова голяма. Съгласно теорията на Бор сечението трябва да е дори постоянно в цялата област от енергии.



Паул Хартек (1902 - 1985) - физикохимик, ръководител на групата в Хамбург. Съвместно със Зюс разработва каталитично-обменния метод за производство на тежка вода и методи за разделяне на урановите изотопи. В края на войната създава реактор с графитен модератор, който не е пуснат поради липса на достатъчно количество уран

Хартек: Ако физиците в САЩ имат толкова добър спектрограф, че да могат да разделят докрай урана, то остава да се вземе само един тънък слой уран-235 и след това

да се умножи измерената стойност. Когато едно ядро се дели, винаги се излъчва повече от една алфа-частица - те може да се регистрират с броячи - и тогава може да се даде отношението на топлинните неутрони към бързите.

Хайзенберг: Да, току що направих оценка: 0,5 до $2,5 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$ за сечението, като си казах: 0,5 е при уран-238, това ще бъде долната граница, защото уран-235 ще се дели по-лесно; и 2,5 - това е истинското геометрично сечение на ядрото - много по-голямо не може и да бъде. Естествено може да е малко по-голямо от πr^2 , но все пак ще трябва да лежи в тези граници.

Следователно, ако приемем границите 0,5 и 2,5, тогава съответният свободен пробег за делене е от 9 до 44 cm. Обратно, при разсейване знаем, че сечението за всички тези тежки елементи при високи енергии е приблизително $6 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$. За уран ние го знаем доста точно, то е, мисля, $6,2 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$ за 238; при олово е малко по-малко - обаче те всички са в тази област. Следователно можем да кажем: сечението на разсейване е достатъчно сигурно в областта от $6 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$ и оттам свободният пробег е приблизително 3,7 cm.

Следващата важна величина, от която се нуждаем, е факторът на мултипликация, т.е. броят на неутроните, които възникват при едно стълкновение, т.е. при едно делене на уран-235. От нашите берлински работи ние знаем много точно фактора на мултипликация при топлинни неутрони, който обаче не е пресметнат за едно делене, а за поглъщане на топлинен неутрон. В топлинната област сечението на делене е 3, а сечението на поглъщане е $6 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$. Т.е. получаваме само половината от истинския фактор на мултипликация, ако вземем нашите, пресметнати по онова време, стойности. Нашето число беше 1,18; следователно мажем да кажем: действителният фактор на мултипликация е $1,18 \times 2$; следователно, грубо казано, между 2 и 2,5.



Макс фон Лауе (1879 - 1960) - физик, лауреат на Нобелова награда по физика за 1914 г. за откритието на дифракцията на рентгеновите лъчи. Създадените от Лауе и сътрудници кристалдифракционни методи поставят основата на изследванията на структурата на твърдото тяло. Директор на Института по теоретична физика на Берлинския университет. След войната ръководи Института по физикохимия "Макс Планк" в Берлин

Фон Лауе: Не разбрах това.

Хайзенберг: Ние експериментирахме винаги с обикновен уран, който съдържа по-малко от 1% уран-235, а останалото е уран-238. В обикновен уран ние имаме следните отношения за топлинни неутрони: сечението за изчезване на един неутрон е $6 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$ и то или просто чрез поглъщане от уран-238 и образуване на 239-и изотоп, който се разпада за 23 минути, или като предизвиква делене на изотопа-235.

Хан: Важи ли това само за топлинни неутрони?

Хайзенберг: В момента говоря само за топлинни неутрони. Естествено в топлинната област сечението на делене за уран-235 е ужасно голямо: то е от порядъка

на няколко пъти $100 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$. Тъй като обаче уран-235 се съдържа само в 1 % концентрация, това оказва малко влияние върху общата картина. Т.е. сечението, пресметнато върху уран-238 е също около $3 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$. Тази стойност, мисля, е определена при вас от г-н фон Дросте.

Хан: Да.

Хайзенберг: При едно измерване Дросте получи 3,1 или нещо подобно. Когато са погълнати два неутрона, само единият от тях предизвиква делене; сумарното сечение на поглъщане е 6, а сечението на делене е $3 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$. Т.е., когато при делене на уран факторът на мултипликация е X , тогава ефективната мултипликация е само $1/2X$, защото всеки втори неутрон умира преди това и се залавя.

Хартек: Когато имаме резонанс, тогава накрая важи все пак закона $1/v$ за по-малките неутронни скорости. Вярвате ли, че формулата на Брайт-Вигнер дава точно $1/v$ за малки скорости? Или може би, когато преминем към ниски температури, да има някаква разлика ...? Разбирате ли, че там става едно относително преместване от 10 %? Или там долу законът $1/v$ се изпълнява съвсем точно?

Хайзенберг: Мисля, че следва много точно $1/v$.

Фон Вайцекер: Тази формула не означава нищо друго, освен, че вероятността за процеса е константна величина за единица време.

Хартек: Това е напълно ясно, но има също така влияние на резонанса.

Хайзенберг: Да, но той е много отдалечен.

Фон Вайцекер: Във всеки случай, бих казал, че към колкото по-малко v отиваме, толкова по-добре.

Хайзенберг: При бомбата това не играе никаква роля, всичките тези резонансни истории. Искях да направя това малко отклонение в областта на топлинните неутрони само за да кажа, че въз основа на нашите експерименти ние можем да направим заключението, че факторът на мултипликация при делене на уран-235 е 2 до 2,5. Бихме казали по-точно $2 \times 1,18$. Това значи, че когато едно ядро уран-235 се раздели, се излъчват 2 до 2,5 неутрона. Струва ми се, че американците или англичаните са на мнение, че числото е малко по-голямо, защото във вестника беше показана една картина на урановия процес, и там при всяко делене бяха нарисувани по три излитащи неутрона. Смятам за напълно възможно числото да е 3 и сечението за делене, което Дросте определи по онова време, да е по-голямо; т.е. действителната стойност да е по-ниска. Веднъж американците наистина определиха сечението за делене на $2 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$ - и тогава бихме получили точно числото 3.



Курт Дибнер (1905-1964) - физик, военен експерт по експлозиви и ядрена физика, един от инициаторите на урановия проект и координатор на производството на тежка вода, член на националсоциалистическата партия. След оставката на Дебай става временно директор на Института по физика "Кайзер Вилхелм" в Берлин. От 1942 г.

ръководи групата в Готтов в армейския полигон Кумерсдорф край Берлин, където експериментира с блокове от уранови кубчета и тежка вода

Дибнер: Стойностите бяха винаги по-големи от тези, изчислени по данните. При нашите последни експерименти те се увеличиха още повече.

Хайзенберг: Да, това се отнася обаче само до 1 % част, тя няма голям принос. След това аз направих пресмятания с един фактор на мултипликация, мисля, 2,5. С това имаме събрани заедно най-важните данни. Сега трябва да запитаме: какво става в урана, ако изпратим на пътешествие там един бърз неутрон? За проблема може да се каже следното: ако имаме произволно голям къс уран-235 и неутрони в него, тогава е ясно, че броят на неутроните n ще нараства отначало експоненциално.

Написвам следователно формулата:

$$n \sim e^{\nu\tau}, \quad (1)$$

където ν е характерно реципрочно време за това експериментално нарастване. Това характерно време, което по-нататък ще наричаме време на реакцията, може да оценим просто, като кажем: времето, за което един неутрон предизвика делене, се задава очевидно от отношението на свободния пробег за делене $[\lambda_{\text{делене}}]$ и неговата скорост v . До следващото делене един неутрон изминава около 9 cm. Сега трябва да пресметна: колко дълго ще се движи, докато измине разстоянието 9 cm? В това време съотношението $\lambda_{\text{делене}}/v$ за неутрона дава точно този гореспоменат фактор X , т.е. вместо един неутрон аз имам след това X неутрона. Следователно за определяне на величината ν получавам уравнението

$$e^{(\lambda_{\text{делене}}/v)\nu} = X \quad \text{или} \quad (2)$$

$$\nu = (v/\lambda_{\text{делене}})\log X.$$

Скоростта може да приемем приблизително за 1/20 от скоростта на светлината, защото става дума, грубо казано, за неутрони с енергия около 1 MeV.

Сега следователно знаем как броят на бързите неутрони нараства в един уранов блок с произволни размери. Обаче ако разпределението на неутроните не е равномерно и аз не питам как се изменя целият брой неутрони, а само техният брой в един определен малък обем, тогава неутроните могат да напуснат този малък обем посредством дифузия. Следователно трябва да напиша едно дифузионно уравнение за неутроните, за което трябва да знам константата на дифузия на неутроните. Според кинетичната теория на газовете константата на дифузия е винаги равна на свободния пробег за разсейване, умножен с фактора 1/3. Свободният пробег за разсейване е познат - той е 3,7 cm. Скоростта е известна, тя е 1/20 от скоростта на светлината. От тук аз получавам константата на дифузия.

Накрая за изменението на неутронната плътност в някаква точка получавам уравнението:

$$\rho = D\Delta\rho + \nu\rho, \quad (3)$$

където D е константата на дифузията, а Δ е операторът на Лаплас. Следователно виждаме: ако тук не стоеше нарастването на неутроните $\nu\rho$, тогава уравнение (3) би било просто уравнението на топлопроводността, което познаваме. Този допълнителен член $\nu\rho$ означава, че броят на неутроните се увеличава. Виждаме - и това е също важно - във връзка с размерностите: съотношението D/v е очевидно квадратът на една дължина - защото като разделя на v , получавам за фактор на $\Delta\rho$ точно D/v и цялото произведение трябва да има същата размерност както ρ . След работите на Ферми тази величина D/v се нарича квадрат на дължината на дифузията l^2 . За l получаваме числена стойност 6,2 cm, разделена на квадратен корен от сечението на делене, при което

последното се пресмята отново в единици 10^{-24} cm^2 . Ако сечението на делене е точно 1.10^{-24} cm^2 , то дължината на дифузия е 6,2 cm.

На това място бихме могли да направим сравнение с нашите уранови машини. При нашата уранова машина дължината на дифузия беше винаги по-голяма. Не съм запомнил точно числата, но мисля, че дължината на дифузия при нашата последна машина в Хайгерлох беше около 35 cm. Точно затова машините стават толкова големи. Това се дължи на следните две причини: първо факторът на мултипликация е много по-малък: тук при бомбата той е около 2,5: там той е само 1,18, защото уран-238 поглъща толкова много. Второ - и това влияние е още по-важно - един неутрон отива много по-далеч от мястото на емисията, докато се темперира, за да бъде отново погълнат. Следователно при машините, с които ние сме работили, неутронът се забавя в D_2O (тежка вода) и след това се залавя като топлинен неутрон от уран-235. Той се отдалечава на 20 cm, докато накрая се абсорбира. Дължината се сумира естествено до споменатото по-горе l , тя се превръща, така да се каже, в ефективно l за машината. Докато дължината на дифузия при машината е около 35 cm, тук при бомбата тя е само около 6,2 cm.

Следователно ние имаме уравнението на дифузия, което описва разпространението на неутроните. Сега искам да реша това уравнение за една уранова сфера с предварително зададен радиус R и искам да приема, че тази уранова сфера е обградена от някакво друго вещество. По-късно ще разсъждаваме върху вида на това вещество. Естествено можем да приемем и вакуум, но във всеки случай ще вземем една сфера, за да можем да решим лесно уравнението. Сигурно има решения, при които неутронната плътност нараства като цяло експоненциално, или експоненциално намалява. Очевидно ще се установи следното: когато урановата сфера е малка, загубата на неутрони навън е по-голяма от произвежданите вътре: тогава плътността на неутроните намалява експоненциално. Обратно, ако направя сферата достатъчно голяма, загубата на неутрони навън няма да превишава мултипликацията на неутроните във вътрешността, и тогава неутронната плътност ще се увеличава експоненциално. Поставям произволно неутронната плътност като:

$$\rho = \rho_0 e^{\mu r} \quad (4)$$

и се опитвам да определя характерния фактор μ в експонентата. Когато μ има положителна стойност, машината започва да работи, съответно бомбата експлодира. Отрицателно μ означава, че някои неутрони, намиращи се в урановия образец, го напускат веднага и повече не са интересни. Следователно, ако заместим горния абзац в уравнение (3), получаваме следното уравнение:

$$D\Delta\rho + \rho(\nu - \mu) = 0. \quad (5)$$

Трябва да решим това уравнение. За удобство въвеждаме отново една характерна дължина, а именно:

$$D/(\nu - \mu) = l_1^2. \quad (6)$$

Решението на това уравнение ни е известно: то е просто уравнение от познатия тип:

$$\Delta\phi + k^2\phi = 0. \quad (7)$$

Сферичносиметричното решение гласи $(\sin x)/x$ - x или в този случай r/l_1 е променливата. Решението за вътрешността на сферата гласи:

$$\rho \sim 1/r \sin(r/l_1). \quad (8)$$

Разпределението на неутронната плътност във вътрешността следва тази формула. И това трябва да бъде случаят, ако не приема наличието на някакъв източник на неутрони във вътрешността. Ако имах неутронен източник във вътрешността, то тогава естествено ще се нуждаем от едно решение, което е сингулярно, например, в

точката $r = 0$, защото вътре има източник. Обаче аз приемам, че няма източник, така че неутроните са разпределени равномерно в сферата и това следва само от формула (8).

Фон Лауе: Това един независим от урана източник ли е?

Хайзенберг: Да. Вътре в сферата имаме със сигурност тази зависимост. Как е обаче навън? Можем да кажем следното: имаме работа с бързи неутрони, които ще бъдат разсеяни по някакъв начин и при това забавени във външната обкръжаваща субстанция. Забавянето обаче не вреди, защото и един бавен неутрон предизвиква делене. Следователно мога да кажа: навън броят на неутроните въобще не се променя. Навън нямам поглъщане - нито положително, нито отрицателно; навън имам чиста дифузия на бързи неутрони. Следователно за това вещество отвън важи също уравнение на дифузията, обаче с опростяването, че $X = 0$, т.е. отсъства увеличаване (или намаляване). Решението на това обикновено дифузионно уравнение гласи естествено, че r намалява като $1/r$. Във външното пространство следователно плътността трябва да намалява както $1/r$, защото става дума за обикновена дифузия без съответна абсорбция. Облекчих си живота като изпуснах μ . μ е малко в сравнение с ν .

Хан: Мисля, че неутроните идват обратно отвън.

Хайзенберг: Да. Значителна част от неутроните изтича навън, обаче една част се разсейва винаги обратно. Следователно трябва да поставя граничните условия. Те са следните: на разделителната повърхност между урановата сфера и обкръжаващата обвивка плътността трябва да се променя непрекъснато, неутронният поток трябва да е непрекъснат. Вече написах плътността вътре, тя е пропорционална на $1/r \sin(r/l_1)$. Плътността отвън е α/r . Трябва така да избира α , че за $r = R$ (на повърхността на сферата) двата израза да са равни.

Хан: Защо плътността трябва да е непрекъсната?

Хайзенберг: Неутронната плътност не може да се изменя скокообразно. Неутроните се движат много бързо навън и навътре около граничната повърхност, следователно не мога да поддържам разлика в плътността.

Под тези два члена за плътността съм написал потоците - потокът получаваме просто, като диференцираме плътността по r , т.е. потокът е даден чрез градиента на плътността, умножен по коефициента на дифузия. Следователно от лявата страна (вътре) константа на дифузия във вътрешността е $D_i dp/dr$ и от дясната страна (вън) е $d/dr(\alpha/r) = -\alpha/r^2$, умножено по D_a , константата на дифузия отвън. Сега написвам условието за равенство на двете страни. Ще ми повярвате, че при това α изчезва. Остава:

$$D_a/D_i = 1 - (R/l_1) \operatorname{ctg}(r/l_1). \quad (9)$$

Баге: Какво става ако отвън е свободен вакуум или просто въздух?



Ерих Баге (1912 - 1996) - физик; завършва в Лайпцигския университет и от 1937 г. е сътрудник на Хайзенберг. След войната става професор в Хамбург и Кил; един от пионерите на изследванията на космичните лъчи

Хайзенберг: Тогава също може да приложите тази формула при условие, че заместите D_a с безкрайност. Трябва да приемете, че всеки неутрон, който излиза навън, веднага изчезва. При това положение на повърхността на сферата плътността на неутроните става нула, защото те се отвеждат навън с произволна скорост.

Сега следователно виждаме: за да достигнем до ясен резултат, трябва да знаем не само константата на дифузия във вътрешността - нея я знаем! - а също така и константата на дифузия навън. Т.е. трябва да направим някакви предположения за материала, с който е обкръжена урановата сфера. Виждаме следното: от практични съображения е очевидно, че урановата сфера трябва да се обвие с нещо, което отразява максимален брой неутрони: нещо, което има възможно най-голямо сечение на разсейване. От друга страна тук става дума за бързи неутрони. При бързите неутрони сеченията на взаимодействие не се различават много. Например ако поставя наоколо малко олово или уран или нещо такова, то ще имам сечения на разсейване от порядъка на $6 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$. Ако използвам въглерод - вземам един съвсем лек елемент - тогава имам $4 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$, за сметка на това обаче атомите във въглерода са по-плътни опаковани, отколкото при урана. Каквото и да правим, получаваме винаги свободен пробег от около 4 cm. Следователно не вярвам, че може да се спечели много, ако се търсят особено чисти елементи. Вероятно свободният пробег ще бъде винаги около 4 cm.



Карл Виртц (1910 - 1994) - физик, експерт в областта на ядрената техника в Института по физика "Кайзер Вилхелм"; експериментира с конфигурации от уранов окис и парафин. След войната разработва първия изследователски реактор на ФРГ в Ядрения център в Карлсруе, където е професор

Виртц: В съобщението се казваше буквално: уранът е смесен с графит, за да се забавят неутроните.

Хайзенберг: Мисля си, че като го смесват с графит, увеличават сечението на разсейване, т.е. намаляват D_i и по този начин намаляват още малко размерите на машината. От това обаче не може да се спечели много, защото въглеродът разсейва еднакво добре бързите неутрони, както уран-235.

Хартек: Обемът винаги нараства с трета степен, това винаги е лошо.

Хайзенберг: Винаги трябва да извадите един атом 235, за да поставите един въглероден.

Фон Вайцекер: Изобщо, от едно вещество със същата дължина на разсейване получавам повече материал.

Хартек: Обаче в случая не ни интересува само дължината на разсейване, а също така дължината на захват. Ако например прибавя половината (от другото вещество), то в единица обем имам половината количество уран. Следователно трябва да измина два пъти по-дълъг път до деленето и поради това получавам общо четворното количество уран. Печеля малко от разсейването. Положението обаче се влошава.

Фон Вайцекер: За сметка на това обаче неутроните се забавят и имат значително по-голямо сечение на разсейване!

Хайзенберг: Това не прави почти нищо. Членът $1/v$ действа при много по-малки скорости. Обратно, тук сечението на взаимодействие остава независимо от скоростта, просто винаги равно на сечението на ядрото. Обаче навън, както стана ясно, трябва да се постави нещо и то по възможност нещо, което има малка дължина на разсейване. Сега приемам опитно, че тази дължина на разсейване навън е толкова голяма, колкото и вътре. Следователно например графит, поставен отвън, върши работа. Поради неточността аз не разглеждам μ -члена навън. Съвсем произволно е дали навън ще приема $l [= (D_a/v)^{1/2}]$ равно на 4 cm или на 6 cm.



Валтер Герлах (1889 - 1979) - физик, откривател на пространственото квантуване (ефект на Щерн-Герлах, 1921 г.), професор в Тюбинген и Мюнхен, специалист по оптическа спектроскопия, магнетизъм, радиоактивност, инфрачервено излъчване и др. През войната е назначен за пълномощник на работната група по ядрена физика към Имперския съвет за изследвания. От тази позиция защитава физиците, включително Хайзенберг, от репресивните органи на режима. 1948 - 1951 гг. е ректор на Мюнхенския университет. Радетел за ядрено разоръжаване.

Герлах: Дали американците са добавили въглерод, за да си спестят процеса на топене? Ако се вземе уранов карбид на прах и се редуцира, получава се материал с много висока плътност.

Хайзенберг: Може да е така. По-скоро мога да си представя това като един технически похват. По-късно можем да обсъдим този въпрос.

Следователно, ако коефициентите на дифузия във вътрешността и навън са еднакви, тогава $D_a/D_i = 1$. Тогава котангенсът трябва да е нула и това е така при аргумент 2π . Следователно радиусът трябва да е равен на $l_1/2\pi$. Вижда се също, че е неудачно урановата сфера да не се обвива с разсейващ материал: защото ако имам празно пространство около сферата, тогава D_a е равно на безкрайност, т.е. котангенсът от дясната страна би трябвало да стане минус безкрайност и това е случаят, когато аргументът е π и тогава радиусът би трябвало да бъде два пъти по-голям. Следователно грубо може да кажем: ако около урановата сфера няма нищо, тогава критичният радиус, при който започва експлозивната верижна реакция, е два пъти по-голям, отколкото ако обвива урановата сфера с въглерод, олово или уран-238. Сега приемам, че отношението на сеченията на разсейване за вътрешността и обвивката е единица. Тогава:

$$R/l_1 = \pi/2. \quad (10)$$

Сега поставям стойността на l_1 от уравнение (6) и получавам уравнението за μ . Излиза, че:

$$\mu = v - D\pi^2/4R^2 \quad \text{или} \quad \mu = v(1 - R_k^2 R^{-2}), \quad (11)$$

където R_k е критична дължина: $R_k = 1/2\pi\sqrt{D/\nu}$. R_k ще бъде приблизително равна на корена от сечението на делене в единици 10^{-24} cm², разделено на 9,7 cm. От тук виждаме, че μ е наистина отрицателно за много малко R . Когато следователно взема една много малка сфера, тогава членът $R_k R^{-2}$ е по-голям от единица и неутронната плътност намалява експоненциално. Когато, обаче R е по-голямо от R_k , тогава μ става положително и тогава неутроните се увеличават експоненциално, т.е. цялото устройство експлодира. Очевидно R_k е критичната големина, която урановата сфера непременно трябва да има, за да експлодира. Тогава експлозията протича експоненциално с времеви фактор μ . Също виждаме, че критичният радиус зависи много силно от сечението на делене. Ако приема най-малката възможна стойност $5 \cdot 10^{-24}$ cm², тогава получавам критичен радиус от 13,7 cm, а за най-големия: 2,5, получавам 6,2 cm.

Хартек: Това за случая с отражател ли се отнася?

Хайзенберг: Да, с отражател, за който свободната дължина отвън е еднаква с тази във вътрешността. Все още обаче 6,2 cm са значително повече, отколкото твърдят американците. Те твърдят, че цялата маса на експлозива тежи 4 kg, а тази сфера от 6,2 cm тежи приблизително 16 kg. Има две възможни обяснения. Едното е, че действителното сечение на делене е по-голямо: и не е немислимо сечението на делене да е практически толкова голямо, колкото сечението на разсейване, т.е. $6 \cdot 10^{-24}$ cm². Дори това няма да е достатъчно. Не знам какво повече може да бъде променено в горните данни. Биха могли да имат по-добър отражател, но и тогава не може да се спечели много повече.

Фон Вайцекер: Ти каза преди, че членът $1/\nu$ започва да действа по-надолу. Действието започва обаче веднага след като дължината на вълната на неутроните стане по-голяма от геометричното сечение на ядрото.

Хайзенберг: Да.

Фон Вайцекер: Може би затова те са добавили графит, за да получат бавни неутрони с по-голямо сечение на делене.

Хайзенберг: Обаче първо въглеродът забавя ужасно лошо ...

Виртц: Ако обаче са взели тежка вода - да приемем, че са пресовали толкова атома тежка вода, колкото уран, например под формата на тежък парафин ...

Хайзенберг: Лека вода би била във всеки случай по-добра от тежка ...

Фон Вайцекер: От коя енергия надолу дължината на вълната на неутроните се изравнява със сечението на ядрото.

Хайзенберг: При 100 000 електронволта тя е 10^{-11} cm.

Фон Вайцекер: За ядрото можем да приемем около 10^{-12} cm диаметър. Т.е. при няколко милиона волта сечението на ядрото (диаметъра) и дължината на вълната на неутроните са сравними. Ако следователно ни се удаде да смъкнем неутроните (да забавим скоростта им) например до половин милион електронволта, тогава сечението на взаимодействие веднага ще нарасне.

Хайзеберг: Не вярвам, защото ние не се намираме върху резонанс. Естествено на мястото на резонанса сечението може да стане равно на квадрата на дължината на вълната.

Фон Вайцекер: При топлинни неутрони това сечение е $50\,000 \times 10^{-24}$ cm² или нещо подобно.

Хайзенберг: Ние знаем, че в топлинната област сечението на делене е $400 \cdot 10^{-24}$ cm². Ако отидеш на 100 000 волта, съгласно закона $1/\nu$ - ако важи! - сечението на взаимодействие става $0,4 \cdot 10^{-24}$ cm². Следователно може да кажем, че при 100 000 волта според закона $1/\nu$ се получава нещо по-малко отколкото в действителност.

Фон Вайцекер: Сега идва следващият въпрос: колко силно се забавят неутроните. Защото в действителност всяко разсейване е нееластично.

Хайзенберг: Бих казал, след два до три удара скоростта или енергията вероятно ще падне до една десета част, може би и до по-малка част.

Фон Вайцекер: Ако приложим формулата на Вайскопф, тогава винаги може да се каже, че един неутрон, който прониква в ядрото с една определена енергия E , излиза навън с енергия от порядъка на $E/4$.

Хайзенберг: От друга страна, ако имаш сечение на разсейване от 6.10^{-24} cm^2 , тогава най-малко 50 % от това сечение се падат на чисто еластично разсейване на неутроните, които излитат навън и се отклоняват.

Хан: Ако има уранова обвивка, то тогава има и делене от бързи неутрони. Това не дава много, но е все пак едно малко увеличение.

Хайзенберг: Аз искам да предложа следната интерпретация. Бих повярвал, че американците имат в центъра на бомбата смес от уран-238 и уран-235 в съотношение 1:1, защото вероятно и те не са могли да произведат произволно чист уран-235. От тази смес, която не е много по-лоша от чистия уран-235, те са изработили една сфера, която има радиус, да кажем - 8 cm: обаче в тази сфера с радиус 8 cm има съответно по-малко уран-235 и това количество те са посочили като тегло.

Хан: Лизе Майтнер обаче споменава нещо за тежка вода.

Хайзенберг: Тя със сигурност не знае нищо. Тежката вода тук няма никакъв смисъл, защото става дума само за процеси с бързи неутрони, а за бързите неутрони леката вода е точно толкова добра, колкото и тежката.

Хан: Ако изстреляме един бърз неутрон в урановата обвивка, то до забавянето той се умножава 1,4 или 1,35 пъти.

Хайзенберг: Това зависи естествено от големината. Това е също така един дифузионен процес, обаче в най-добрия случай той се размножава около 40 % в една безкрайно голяма сфера. Вероятно би могло да се използва и смес, в която има само - да кажем - 10 % уран-235 и 90 % уран-238. Уран-238 има предимството, че при деленето си дава голямо количество неутрони, около пет. Малките размери на бомбата може да се дължат както на сеченията на делене, така също и на използването на смес. Сега трябва да се запитаме: ако имаме една такава сфера, как протича експлозията? Нека взема една сфера с радиус само 5 % по-голям от критичния радиус - искам да добавя, че не вярвам да са взели много повече от около 5 %, защото трябва да са сигурни, че половината от сферата е под критичната граница. Очевидно те събират сферата от две полукълба.



Хорст Коршинг (род. 1912) - физик, асистент на Дебай в Института по физика "Кайзер Вилхелм" в Берлин; разработва методи за разделяне на урановите изотопи

Коршинг: Не може ли това да са просто цилиндри?

Хайзенберг: Могат да бъдат и цилиндри. Смятам обаче, че сферите са винаги най-простият случай. Защото в края на краищата неутроните трябва да се задържат възможно по-плътно в едно пространство.

Коршинг: Полукълба се изстрелват много трудно едно срещу друго.

Хайзенберг: Зад тях има един железен цилиндър или нещо подобно. Една възможна конструкция е полусферите да са поставени в железен цилиндър и този цилиндър да се движи в цевта на едно оръдие като се изстрелва срещу другата полусфера, закрепена по същия начин. Ако приемем, че след събирането сферата има радиус 5 % по-голям от критичния, тогава полусферата, ако приема сферичната форма - в действителност тя има друга форма - има радиус равен на 85 % от критичния. С други думи: и полусферата трябва да достигне твърде близко до критичния радиус и това би следвало да се измери много точно, за да не се случи нещо. Те естествено имат и следния фактор на сигурност: от едната страна полусферата е обкръжена с въздух - ако стои свободно - и по този начин отражението е много по-лошо.

Фон Вайцекер: Намирам тази геометрична форма за неподходяща. От тази полусфера би трябвало да се изработи по-малка фигура с заоблени краища, която е наистина ефективна, защото парчетата с остри ръбове не помагат.

Хайзенберг: Да. Следователно една възможна конструкция е да се поставят полусферите в един железен цилиндър. Сега, долу стои един железен цилиндър, с обърната нагоре полусфера. След това вземаме една оръдейна цев, в която горе поставяме отново един железен цилиндър с обърната надолу полусфера, така че плоските страни на полусферите да са срещуположни. Горе имам един малък заряд, който в определено време изстрелва горния цилиндър срещу долния и събира сферата. Веднага ще ви кажа, защо това трябва да стане толкова бързо:

Процесът протича съгласно уравнението (4), където μ е реципрочното време, пресметнато по формула (11). Ако приемем, че радиусът на цялата сфера е само 5 % по-голям от критичния радиус, получаваме:

$$\mu = 0,5 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}. \quad (12)$$

Следователно само за 10^{-7} секунди интензитетът се увеличава e - пъти. С други думи: цялата реакция протича за около 10^{-5} - 10^{-7} секунди.

Възникна въпросът: защо двете полусфери трябва да бъдат съединени толкова бързо? Не бихме ли могли да ги поставим съвсем бавно една върху друга и да кажем: добре, когато ги поставя бавно една върху друга и те се приближат достатъчно, експлозията ще започне. Това ми изглежда лошо по следната причина: съединявайки бавно полусферите, ще инициирам експлозията в момент, когато се намирам много по-малко над критичния радиус, отколкото с тези 5 %, да кажем едва при 1/10 промил над критичния радиус. В този момент времевият фактор, с който протича процесът, е много по-малък - не 10^{-7} s, а само 10^{-4} s или от този порядък. Тогава цялата експлозия ще протече не за 10^{-7} s, а за 10^{-4} s. През това време устройството ще се нагрее бързо и ще достигне температури 5000, 10 000 или 20 000 градуса. При тези температури обаче устройството ще се разруши. Разрушаването става в интервал сравним с 10^{-4} s. Това означава, че реакцията не ще протече до край, тя протича, докато се достигнат 10 000 градуса и спира. Следователно трябва да избира достатъчно късо време, за да не бъде разрушено всичко предварително.

Направих бързо пресмятане и получих следния резултат: времеконстантата не бива да бъде по-голяма от 10^{-6} s, навярно дори $\frac{1}{2} \cdot 10^{-6}$ s, обаче това е всичко. Такава бързина може да се постигне чрез изстрелване на полусферите, не обаче при постепенно съединяване. По-нататък мога да кажа: съществува едно критично разстояние, да кажем 1 cm. Когато държа полусферите на разстояние по-голямо от 1

см, реакцията въобще не започва. Ако ги приближа на по-малко от 1 см, процесът протича експлозивно. Този последен сантиметър трябва да се преодолее за 10^{-6} s.

Хартек: Това е невъзможно, това биха били 10 000 m/s.

Хайзенберг: Да, възможно е да се постигнат 10^{-5} секунди. Затова американците не са могли да използват пълната експлозивна сила на бомбата.

Хартек: Не е достатъчно да се достигне 10^{-5} , изисква се и голяма точност.

Хайзенберг: Това е много важно. Има и една друга възможност за аргументация. Ако в близост не се постави източник на неутрони и иницирирането на реакцията се остави на космичното лъчение, тогава мога да кажа следно: съединявам постепенно полусферите и отначало няма неутрон от космичното лъчение. Това обаче е игра на случайността. Може да се случи неутронът да пристигне точно в момента, когато критичния радиус е прекратен, тогава ефективността на бомбата ще бъде много по-слаба.

Фон Вайцекер: Колко често възникват неутрони от космичното лъчение в толкова малък обем.

Хайзенберг: Това сега е въпросът за запалването. Направих следната оценка. Първо запалването може да стане чрез спонтанно делене. Това е една възможност. Очевидно това не е достатъчно. Доколкото си спомням времето на живот при спонтанно делене е около 10^{14} години.

Хартек: 10^{14} до 10^{16} години.

Хан: Откъде е известно, че уран-235 се дели спонтанно?

Хайзенберг: Наистина. Вероятно има и уран-238. Двата изотопа са приблизително сравними. Това биха били около 10^{22} секунди и ако искам да получа един неутрон в 10^{-6} секунди, тогава трябва да имам 10^{38} атома - естествено тях ги няма в бомбата.

Фон Вайцекер: Може да се каже естествено и обратното: ако няма никакъв друг запалителен механизъм, то двете части се приближават съвсем бавно и реакцията започва.

Хайзенберг: Да, аз също не знам. Може би са измислили някакъв трик. Естествено може да има и провал: тогава те рискуват бомбата да има много слабо действие.

Фон Вайцекер: Ако ги съединят относително бързо, вероятността да не стане е много малка.

Хайзенберг: Обаче ако ги изстрелят бързо едно срещу друго, трябва да се погрижат отражението да не ги раздели.

Хан: Какво ще стане, ако поставят вътре 1/1000 милиграма радий и берилий.

Хайзенберг: Сигурно това ще е достатъчно.

Герлах: Ако едната половина съдържа около 85 % от критичната маса, колко дълго живее там един топлинен неутрон.

Хайзенберг: Имате предвид топлинните неутрони от космичното лъчение?

Герлах: Да, защото те произвеждат отново неутрони в едната или другата половина.

Хайзенберг: Неутронът не живее там достатъчно дълго.

Хартек: Един топлинен неутрон има скорост от 10^5 cm/s. И ако имаме чист уран-235, тогава свободният пробег е само няколко стотни от сантиметъра. Следователно времето е от порядъка на 10^{-7} секунди.

Хайзенберг: Да, вярно. Това е много малко.

Герлах: Затова обаче имаме вътре един неутрон.

Хайзенберг: Той ще избяга. Много е бърз.

Герлах: За такова време на намаляване беше дадена една формула.

Фон Вайцекер: Пресметнато е тук в уравнение (11). В нашите големи машини времената на намаляване са много по-големи.

Хайзенберг: Може би правят така. Съединяват възможно най-бързо двете части на бомбата и казват: надяваме се, че първият неутрон няма да се появи точно в момента, когато е прекратен критичният радиус.

Коршинг: Ако константата на разпадане зависи толкова силно от реакционната маса, тогава би трябвало при доближаване на частите с помощта на микрометричен винт да се постигне произволно бавно изгаряне на бомбата.

Хайзенберг: Тук се наслаждат колебателни явления. Естествено, това е принципно възможно. Ще добавя една енергийна оценка. Да приемем, че действителното количество уран-235, което "изгаря" е 4 kg. При това се освобождават $3 \cdot 10^{21}$ ерга. На едно делене се освобождават $3 \cdot 10^{-4}$ ерга ... Сега бих попитал: колко висока ще бъде температурата в този уранов блок? Може да направим елементарното пресмятане, че цялата тази енергия се превръща в лъчение, защото специфичната енергия на метала е независима от T , т.е. енергията (топлината) е приблизително пропорционална на T .

Фон Лауе: Става дума за уранов газ.

Хайзенберг: Да. Лъчението, което възниква едновременно в това пространство, има енергия, която зависи от T^4 съгласно закона на Болцман. Следователно при достатъчно висока температура лъчението преобладава над всичко друго. Практически цялата енергия се преобразува в лъчение и аз мога да пресметна температурата като кажа: температурата ще се увеличава експоненциално също така, както неутронната плътност, отново съгласно закона e^{kt} . Тя ще се увеличава до един максимум, когато цялата енергия бъде изразходвана. В този момент сумарната енергия трябва да е преминала през повърхността, защото лъчението се разпространява със скоростта на светлината, т.е. преминала е практически мигновено през вътрешността на урана. Съгласно закона на Стефан-Болцман през една повърхност на cm^2 и за секунда преминава енергия σ , където σ е константата $5,8 \cdot 10^{-5}$ ерг за секунда, cm^2 и градус⁴. Следователно сумарната енергия представлява времеви интеграл върху повърхността F на урановото парче, умножен по σT^4 . При експоненциално нарастване този времеви интеграл е просто:

$$\frac{F \cdot \sigma \times \text{Максималната температура}^4}{4 \times \text{Фактора на експоненциално нарастване}}$$

Като поставя данните, които приехме по-горе, се получава максимална температура от $3 \cdot 10^7$ градуса. Това е повече отколкото посочват вестниците: във вестниците веднъж срещнах числото $3,6 \cdot 10^6$ градуса. Изглежда не цялата енергия се преобразува. Може би последният десетичен порядък не е от такова значение, тъй като ние не познаваме точните характеристики на бомбата. И отново възниква въпросът, дали това число от вестника е вярно. Когато сферата се съединява преди експлозията в първите 10^{-7} секунди фактически тя не се разширява. Направих съответно пресмятане и за 10^{-7} s се получи разширение от няколко милиметра.

Фон Лауе: Пред всичко обаче за отразяващата обвивка е от значение налягането на лъчението.

Хайзенберг: При максимална температура налягането на лъчението е 10^9 атмосфери. Това е ужасно много, но недостатъчно, за да предизвика забележимо разширяване на реакционния обем за такъв изключително кратък интервал от време.

Хартек: Как е пресметната температурата?

Хайзенберг: Пресметнал съм я по следния начин: в края на реакцията цялата освободена енергия трябва да се е превърнала в лъчение. Естествено това не е напълно вярно, защото една част от енергията е изразходвана за ускорение на частиците, т.е. за движение на молекулите. Обаче на практика при тези високи температури главна роля има лъчението. Голямата част от енергията отива в лъчение и само относително малка част преминава в кинетична енергия на частиците. Лъчистата енергия се разпространява със светлинна скорост. Както вече казах, в края на реакцията цялата енергия, която въобще е освободена, трябва да е преминала през повърхността. Тъй като става дума за Планково излъчване, излъчването при температура $3 \cdot 10^7$ градуса е рентгеново лъчение, чийто максимум лежи при дължина на вълната от около 1 ангстрьом - точното число е 0,86 ангстрьома. Преобладаващата част от лъчението се поглъща в околния въздух. Първото, което се случва, е че най-близките 10 m въздух ще се нагряят до бяло. Първото, което ще се види, е едно нажежено кълбо с диаметър около 20 метра. Което вследствие на погълнатото рентгеново лъчение ще свети в бяло. Това лъчение ще изпрати навън естествено отново други лъчения и така ефектът ще се разпространява.

Фон Вайцекер: При което обаче само една малка част от енергията ще бъде под формата на лъчение, защото, когато засегнатите от експлозията въздушни маси се охладят достатъчно, най-голяма част от налягането ще бъде газово налягане и остатъкът от енергията ще се трансформира в ударна вълна.

Хайзенберг: В началото явлението ще има сферична симетрия: после постепенно ще се добави конвекция и остатъкът ще премине като ударна вълна.

Фон Вайцекер: Бих предположил три фази: една лъчиста фаза; после една фаза, в която отначало се образува ударна вълна и реакционният обем се разширява едновременно с тази ударна вълна; после започва конвекция и всичко се изнася нагоре.

Фон Лауе: Каква енергия се излъчва отначало под форма на видимо лъчение.

Хайзенберг: Сравнявам вътрешната уранова сфера с едно тяло, нажежено, да кажем, до температура 1000 градуса. Тогава тя ще излъчва във видимата област 10^4 пъти повече, отколкото това нажежено тяло. Следователно повърхността на урановата сфера излъчва 2000 пъти повече, отколкото повърхността на Слънцето.

Фон Вайцекер: Т.е. ако наблюдаваме експлозията от разстояние, на което тя има големината на Слънцето, то излъчването ще бъде 1000 пъти по-силно от слънчевото.

Хайзенберг: Интересно би било да се знае дали например предмети могат да бъдат преобърнати от видимата светлина. Това е съвсем близко до ума.

Литература:

- [1] J. Bernstein, *The Secret Recordings at Farm Hall*, Woodbury, AIP Press, New York, 1995.
- [2] M. Walker, *Myths of the German atom bomb*, Nature, 359 (1992) 473.
- [3] W. Heisenberg, *Vortrag über die Uranbombe*, Phys. Bl. 48 (1992) 995.
- [4] C. Frank, *Operation Epsilon: The Farm Hall Transcripts*, Institute of Physics Publishing, Los Angeles, University of California Press, 1993.

Встъпителни бележки и превод: **Христо Протохристов**
(*Physikalische Blätter*, DCZ, 1992, S.994)

-
- 1. Тодоров, Ив., Вернер Хайзенберг (I част "Между двете войни" и II част "Войната на Хайзенберг"), *Светът на физиката*, **24** (2002) кн. 1, стр. 38 и кн. 4, стр. 319.
 - 2. Вж. Ахабабян, Н., Ученият и властта: щастливият неуспех на немските физици, *Светът на физика*, **16** (1993) кн. 1, стр. 31.

Рубриката се спонсорира от

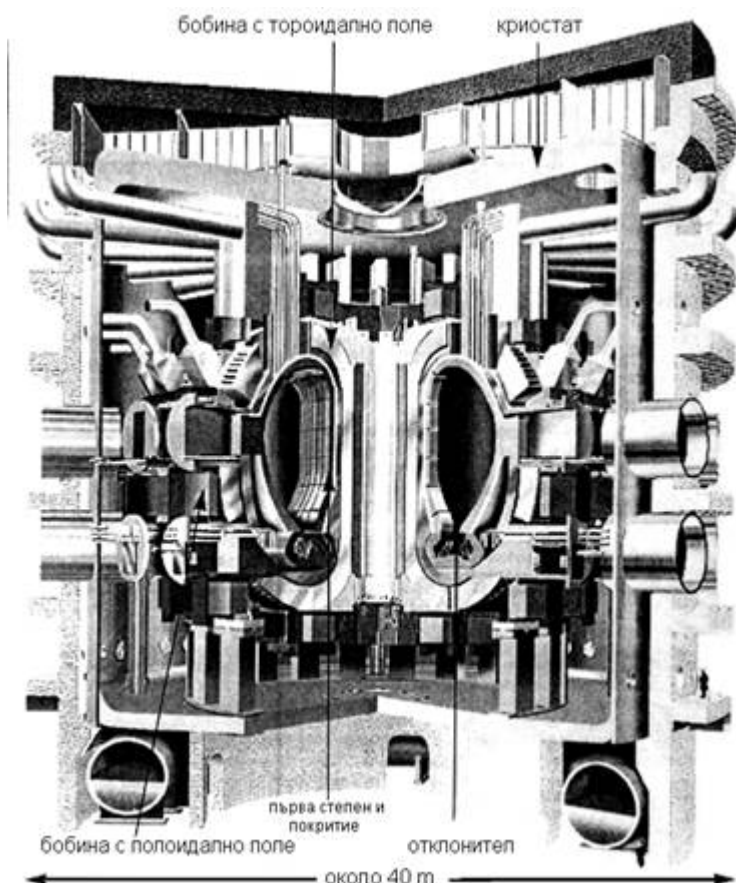
АГЕНЦИЯТА ЗА ЯДРЕНО РЕГУЛИРАНЕ

ЯДРЕНИЙТ СИНТЕЗ - ЕДИН ОТ МИТОВЕТЕ НА 21-вия ВЕК

ПЪРВИТЕ ТОКАМАЦИ ПО ПРОЕКТА ИТЕР.

ДЪЛГИЯТ ПЪТ НА СИНТЕЗА С МАГНИТНО УДЪРЖАНЕ.

Жером Памела и Мишел Шателие (Комисариат по атомна енергия)



Фиг. 1. Проект за експериментален реактор ИТЕР. Неговият тор ще съдържа 2000 m³ плазма, което е 20 пъти повече отколкото при европейския JET - най-големия съвременен токамак.

Изследванията върху контролирания синтез чрез магнитно удържане започват преди около половин век. Днес те са пред поврат в своята история. На много места по света бяха проведени задълбочени изследвания и беше предложен широкомащабен и сложен международен проект, наречен ИТЕР (Интернационален термоядрен експериментален реактор – ИТЕР). Чрез неговата опитна установка трябва да се осъществи съществена крачка към направата на прототип на реактор за производство на електричество чрез ядрен синтез.

От юли 1998 г. международната общност е изправена пред решаващ избор за бъдещето на синтеза с магнитно удържане: дали да се конструира или не експерименталната установка ИТЕР. Този амбициозен проект, който обединява днес Европа, САЩ, Япония и Русия, би трябвало да бъде основен етап към създаване на

термоядрен реактор за производство на електричество. Бяха необходими около 50 год. изследвания и техническо развитие, за да се обединят в тази програма усилията на учените и отговорните фактори. Това е изключително мащабен проект заради своята сложност, усилията, които изисква, и високата си цена. Какво би дал, защо се създава?

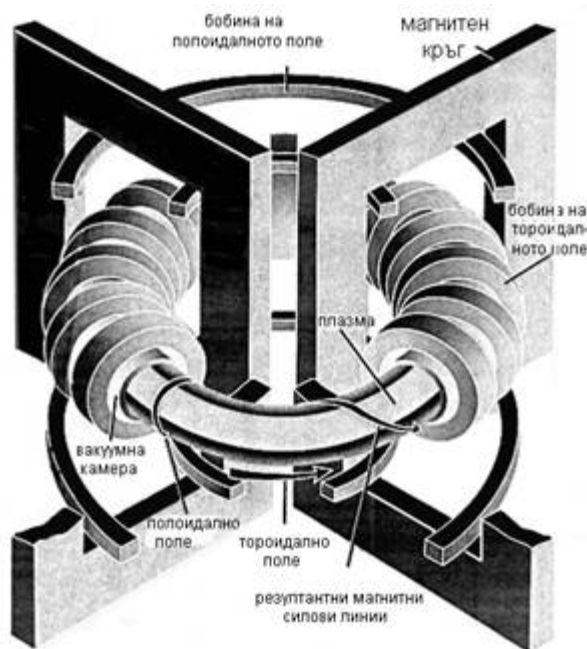
При магнитното удържане, както подсказва неговото название, се използват магнитни полета, за да се изолира топлината от плазменото ядрено гориво и да се попречи то да докосне стените на съда. Това е най-подробно проучваният досега метод за получаване на термоядрено горене и, в перспектива, за извличане на енергия.

Необходимите физически условия за горенето са резюмирани в критерия на Лоусън. Плазмата трябва да бъде много гореща: стотина милиона градуса, т.е. около 10 keV в единиците за кинетична енергия на ядрото. Магнитното удържане допуска само сравнително ниска плътност на плазмата (от порядъка на 10^{20} частици в m^3). Следователно трябва да се компенсира тази ниска плътност, като се поддържа висока температура на плазмата в течение поне на няколко секунди, за да се получи нейното запалване.

Това поражда множество предизвикателства. Трябва да се намери най-подходящата конфигурация на магнитното поле, то да се получи с помощта на мощни и обемисти магнити, да се осигури равновесие и стабилност на плазмата - газ, образуван от заредени частици и поради това изложен на множество смущения. Трябва да се загрее плазмата до необходимите изключително високи температури, да се знае как да се отведат топлината и хелиевите продукти от реакциите на синтез и да се създадат стени, които да устоят на милионите ватове на квадратен метър, дължащи се на неутроните, освобождавани при синтеза. Изтеклите 45 год. теоретични и експериментални изследвания доведоха до напредък на всички тези фронтове. ИТЕР ще трябва да ги продължи и ако всичко стане, както е предвидено, това ще бъде последният стадий преди конструирането на истински реактор за демонстрация на електродобив.

През 50-те години, когато започнаха изследванията върху магнитното удържане, бяха конструирани и изпробвани няколко магнитни конфигурации. Най-успешна от тях е токамакът (руско съкращение, което означава тороидална магнитна камера), създадена от екипа на Лев Арцимович в Москва. Успехите, постигнати с първите съветски установки, окуражиха учените от други страни да ги последват. По такъв начин през 70-те години се появиха множество европейски и американски токамаци. И отново тази магнитна конфигурация се наложи при големите съвременни установки, както и в проекта ИТЕР.

От пръв поглед се вижда, че токамакът е вакуумна камера с формата на тор. Но това, което го характеризира още, са магнитното поле и начинът, по който то се получава. Магнитното поле се създава от бобини, които окръжават камерата както халки, нанизани на по-голяма халка, както и от големи бобини, успоредни на равнината на тора (Фиг. 2).



Фиг. 2. *Принципна схема на токамак. Заредените частици описват траектории, които обикалят около силовите линии на магнитното поле. Благодарение на това си свойство магнитните полета могат да удържат плазма*

Във всяка точка от вакуумната камера магнитното поле има две компоненти: едната тороидална, насочена по оста на самия тор, а другата, наречена полюидална, разположена в равнина, перпендикулярна на първата. Тороидалната компонента се създава от бобините, които обхващат вакуумния пояс през равни интервали. През плазмата в този пояс протича мощен ток (няколко милиона ампера), индуциран от големите бобини. Това е токът, който създава полюидалната компонента на магнитното поле. Комбинацията от тороидалното и полюидалното полета формира спираловидни магнитни силови линии, които обвиват тора.

При типичен експеримент с токамак първата операция е да се създаде тороидално магнитно поле. За тази цел по съответните бобини се пуска ток. След това във вакуумния тороидален пояс инжектират определено количество деутерий (или смес от деутерий и тритий при най-новите експерименти). После успоредно на тороидалното магнитно поле в плазмата се прилага електрично поле. То се създава чрез индукция от променливия ток, пуснат по успоредните на тора бобини. Получава се електричен разряд, който превръща деутериевия газ в плазма – смес от положителни йони и електрони. Електричното поле ускорява електроните, което поражда тороидален ток през плазмата. Този "плазмен ток" индуцира полюидално магнитно поле и увеличава чрез ударите на електроните температурата на плазмата. След като плазменният ток се стабилизира, се включват едно или няколко средства за допълнително загряване, за да се повиши още повече температурата. Установката е снабдена със системи за измерване и обслужване, които осигуряват оставането на плазмата в областта на стабилна работа (не много високи ток и плътност). Тази последователност от операции трае само няколко секунди, освен ако бобините не са свръхпроводящи, в който случай протичащият през тях ток не ги загрява.

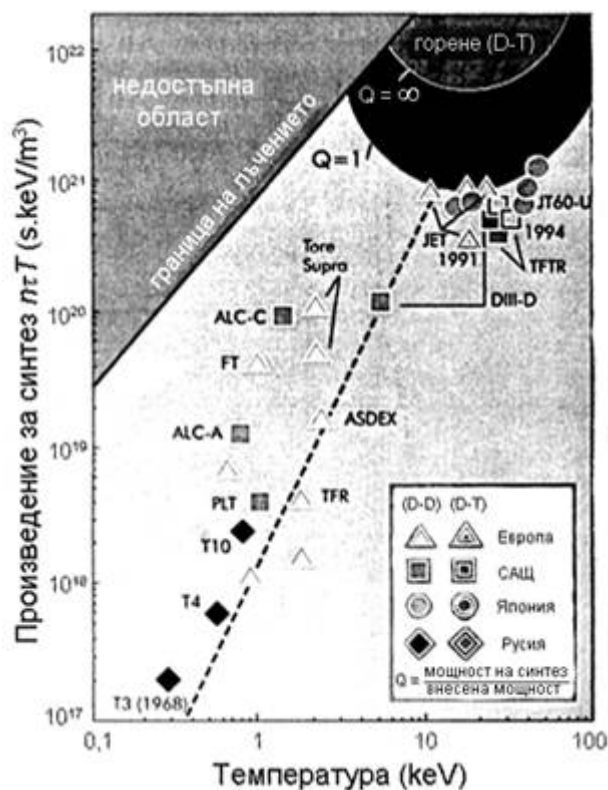
Именно при този вид експерименти са оценени качествата на конструираните установки и са изпробвани новите технологии за един или друг аспект на синтеза. Натрупани са и голям брой данни, които позволяват да се уточни теоретичното

разбиране и да се дефинират, чрез екстраполация, необходимите характеристики за следващата генерация устройства.

Първите токамаци позволиха да се извлекат три основни поуки. Най-напред да си дадем сметка, че установките ще трябва да са с големи размери. Удържането на плазмата в действителност е затруднено от смущения в малък мащаб, породени от температурни разлики между центъра и периферията на плазмата. Тези турбулентности изнасят топлината към периферията. Колкото обемът на плазмата е по-голям, толкова този ефект е по-незначителен, понеже на топлината ѝ трябва повече време, за да дифундира от центъра до периферията.

Освен това дължащата се на циркулиращия в плазмата ток топлина се оказва недостатъчна, за да се получат необходимите температури за горенето. Следователно трябва да се включат допълнителни средства за загряване. Между предложените и вече изучените методи фигурират инжекция на високоенергетични неутрални атоми и загряване чрез електромагнитни вълни. Първият се състои в ускоряването на йони, последвано от тяхното неутрализиране, така че да проникнат до сърцевината на плазмата, без да бъдат отклонявани от магнитното поле. Отдаваната от тях енергия допринася за повишаване на температурата. Вторият метод изисква антени, които излъчват вълни с честота, равна на честотата на въртене на частиците на плазмата около магнитните силови линии (около 50 MHz за електроните и 100 GHz за йоните). Тези електромагнитни вълни се поглъщат резонансно в плазмата.

Накрая, започва да се изяснява значението на взаимодействието на периферния слой плазма със стените на контейнера, които могат да ерозират, при което плазмата се замърсява и променя качествата си.



Фиг. 3. Развитието на токамаците, изразено чрез произведението плътност $\times$ температура $\times$ време на удържане. ИТЕР би могъл да достигне стадий на горене или близък до него режим със смес от деутерий и тритий (D-T) в началото на 2010 г.

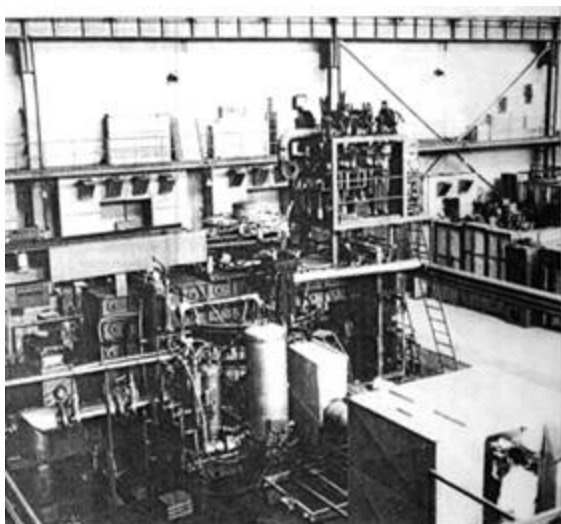
Към 1974 г. най-добре работещ токамак в света беше TFR (с 1 m^3 плазма), построен във Фонтенейо-Роз. Той функционираше до 1986 г. Стъпвайки на него и върху други експерименти от онова време, специалистите установиха принципите, позволяващи да се екстраполира към по-подходящи устройства. По такъв начин бяха определени геометричните характеристики на токамака JET (Joint European Torus - Общ европейски тор), европейска установка, в която плазмата е 100 m^3 . Инсталиран до Оксфорд, Великобритания, JET заработи през 1983 г. и сега е във фаза на експериментиране със смес деутерий-тритий (D-T). Японците от своя страна конструираха токамак с подобни размери, наречен JT60-U. Той работи само с деутерий. Като изключим JET, само токамакът TFTR (с 25 m^3 плазма) в Принстън е предвиден за работи с D-T. Именно с TFTR, който приключва своята кариера, американците държат сегашния рекорд по мощност, освободена при синтез: в един експеримент през 1995 г. е освободена около 10 MW мощност за част от секундата (но за загряване на плазмата са изразходвани 40 MW).

В тези три токамака всеки от параметрите е достигнал големината си, необходима за термоядрено горене, независимо от другите: най-висока температура – сто милиона градуса, плътност на плазмата – около 10^{20} частици в m^3 и време на удържане – повече от секунда. В израза за произведението на тези три параметъра най-високите получени стойности са само 6 пъти под тази, определена от критерия на Лоусън за горене (Фиг. 3).

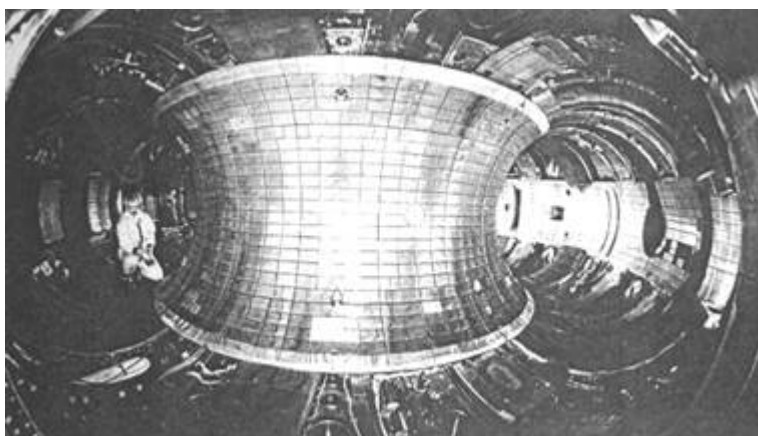
Всички тези резултати са постигнати за кратко време, от част от секундата до няколко секунди. Но един бъдещ реактор би трябвало да функционира непрекъснато. За да се осигури продължителен разряд, става необходимо да се разработят свръхпроводящи магнити. Свръхпроводимостта позволява да се поддържа електричен ток без загуби, следователно без прекалено загряване на бобините. Европа се сдоби с Tore Supra, първият токамак със свръхпроводящи магнити. С размерите на TFTR, той заработи през 1988 г. в центъра CEA (Комисариат по атомна енергия) в Кадараш, Франция. През 1996 г. бяха получени разряди с продължителност 2 min, но въпросното произведение при него е по-скромно от тези при JET, JT60-U и TFTR.

От самото начало беше ясно, че размерите на JET не са достатъчни за получаване на горене, съществен етап за достигане на контролиран синтез. След 1970 г. бяха предприети предварителни международни изследвания, за да се определят насоките на развитие на опитните реактори за магнитен синтез. Това е и контекстът на проекта ИТЕР.

Неговата политическа рождена дата е 1985 г., когато президентът Горбачов предложи на президента Рейгън да се започне в международен мащаб един голям експериментален проект за контролиран синтез. Проектът беше лансиран под покровителството на международната агенция по атомна енергия (МААЕ). Четири партньора - СССР, САЩ, Япония и Европейската общност се ангажираха с първите проучвания през 1988 г. Фазата на подробното планиране, наречена EDA (Engineering Design Activities) започна формално през 1992 г. и завършва през 1998 г. Тогава ще се вземе решение дали да се конструира този токамак и къде да бъде построен.



Фиг. 4. Един от първите съветски токамаци - T-3 ($0,5 \text{ m}^3$ плазма, около десет милиона $^{\circ}\text{C}$)



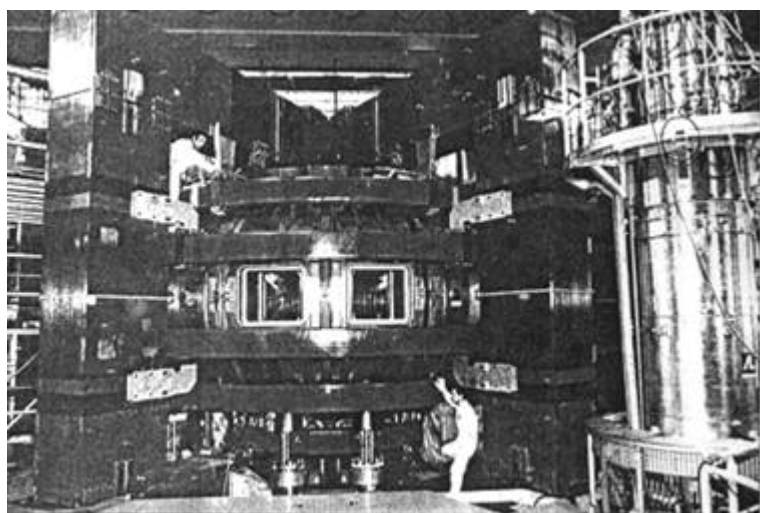
Фиг. 5. Вътрешността на американския токамак TFTR в университета в Принстън. Беше окончателно закрит през март 1977 г.

Какви са целите на ИТЕР, който, ако се вземе решение за неговото изграждане, ще влезе в действие преди 2010 г.? Както се приема в Международната спогодба ИТЕР-EDA, подписана през 1992 г., този експериментален реактор има за цел да покаже нагледно научната и в частност технологичната осъществимост на производството на енергия чрез синтез. Това предполага цяла серия от резултати и изследователски програми. На първо място ИТЕР има за цел да се постигнат режими, близки до термоядреното горене на деутерий-тритиева плазма и да се изучат свойствата ѝ. Става дума за ситуация, твърде различна от досегашните, понеже загряването вече няма да е външно, а ще бъде осигурявано предимно от самата реакция на синтез. Методите за управление на плазмата ще трябва да се приспособят към тази нова ситуация.

Както казахме, достигането на стадий на горене или близки до него физически условия изисква голям обем плазма. ИТЕР ще бъде много по-голям от предишните токамаци: големият радиус на неговия тор ще бъде над 8 m, без да се броят многобройните устройства около вакуумната камера. Обемът на плазмата ще е 2000 m^3 , т.е. 20 пъти повече, отколкото в JET.

Качеството на удържането зависи не само от размерите на установката, но и от плътността на плазмата, от силата на протичащия ток, от мощността на загряването, от интензитета на магнитното поле и т.н. ИТЕР ще позволи именно да се изпробват в режим на горене наблюдаваните обещаващи ефекти в съвременните токамаци: чувствително подобряване на удържането чрез вариране на пространственото разпределение на тока или на скоростта на въртене на плазмата около магнитната ѝ ос. Тези ефекти могат да се обяснят с намаляването на размерите на смущенията, които пренасят топлината към периферията на плазмата. Но е необходима още теоретична и експериментална работа за изясняването им.

Друга пречка пред работата на ИТЕР: относително дълго функциониране (над 1000 s), което изисква непрекъснато отвеждане на топлината и на хелия (алфа-частиците), получавани при синтеза. Топлината, която ще се получи в централната част на плазмата, се оценява на 1500 MW, от които 1200 ще бъдат отнесени от неутроните и 300 от частиците. Турбулентностите пренасят към периферията заредени частици и 300-те MW, отдадени на частиците. В този процес част от мощността се излъчва във вид на електромагнитни вълни. Това лъчение се разпределя доста равномерно по стените и не поражда големи проблеми. За сметка на това останалата мощност, която достига границата на плазмата под формата на заредени частици, е ограничена в само няколко сантиметра дебелата тороидална обвивка.



Фиг. 6. Торът *Supra* е първият токамак със свръхпроводящи бобини. Тази европейска установка в Кадараш, Франция, влезе в действие през 1988 г. Тя позволява да се изучат дълготрайни разряди

Точно тези заредени частици трябва да бъдат заловени от активно охлаждащи елементи, разположени в тази тънка обвивка и способни да устоят на високите температури. В частност тези елементи не трябва да ерозират, понеже разпрасеният материал замърсява плазмата и охлажда сърцевината ѝ. От друга страна хелият в тази обвивка трябва да се извлече чрез подходяща система за изпомпване.

Най-обещаващата идея за удовлетворяването на тази съвкупност от условия е заредените частици да се насочат - чрез бобини, променящи магнитните силови линии и разположени в граничния слой на плазмата, - към камера, изолирана от основната плазмата. Тази камера, наречена *дивертор*, се намира на равнището на "пода" на тороидалния пояс и изисква специални материали, способни да устоят на твърде силния поток. Диверторът е конструиран така, че плазмата в него да бъде относително плътна (10^{20} частици в m^3) и студена (няколко eV). Така заредените частици от центъра

на плазма се залавят и тяхната енергия се превръща в електромагнитно лъчение, предпазвайки по този начин и останалата част от стените. Отделяните от материалите при бомбардирането им от частиците замърсявания по принцип се задържат от плазмата в дивертора, който играе ролята и на екран за централната плазма. Идеята за дивертора още не е съвсем разработена и е предмет на множество тестове и изследвания, в частност в JET.

Таблица.

Основните параметри на ИТЕР, сравнени с тези на JET и на тора SUPRA

	ИТЕР	JET	Тор SUPRA
Плазмен ток (МА)	21	5-7	1,7
Голям радиус на плазмата (m)	8,1	3	2,36
Малък радиус на плазмата (m)	2,8	1	0,78
Обем на плазмата (m ³)	2000	100	30
Магнитно поле по оста на плазмата (Т)	5,7	3,4	4,5
Продължителност на импулсите (s)	1000	20	120
Плазма	D-T	D-D(D-T)	D-D
Термоядрена мощност	1500	50 kW (10 MW)	2 kW
Енергия на неутроните от синтеза (MeV)	14	2,45(14)	2,45
Неутронна мощност по периферията на плазмата	1 MW/m ³	0,3(60) kW/m ²	20 W/m ³

Неутронният поток върху стените представлява проблем от друг тип. Тези високоенергетични (14 MeV) неутрални частици, получени от реакциите на синтез, очевидно не могат да бъдат отклонени от магнитните полета и достигат директно стените. В ИТЕР бомбардирането от неутрони ще бъде около 1 MW на m² от стените. Освен това при дълготрайните разряди ще може да се тестира поведението на елементите, които са в контакт с плазмата.

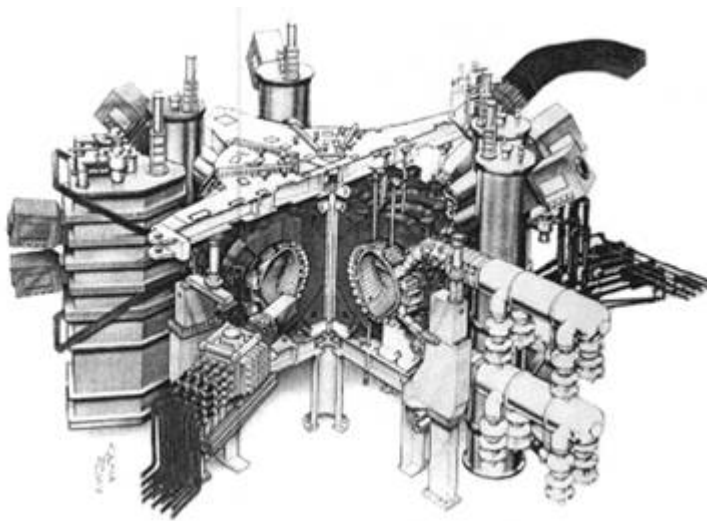
Това интензивно бомбардиране ще бъде в действителност погълнато в по-голямата си част последователно от първата стена, "обвивката" и вакуумния пояс. Тези елементи, с обща дебелина около 1 m стомана и вода, са предназначени да отведат енергията на неутроните и да предпазят магнитите, които не трябва да загряват, за да останат свръхпроводящи. Целта е неутронният поток да се отслаби с 5 порядъка, докато достигне свръхпроводящия кабел. Загряването на свръхпроводниците, дължащо се на неутроните, се оценява на около 5 kW, т.е. по-малко от 80 mW/kg - стойност, която е съвсем приемлива за охлаждащата магнитите криогенна система.

Самите тези магнити са технологично предизвикателство, особено с размера си (впрочем те формират 40 % от цената на ИТЕР). Двадесетте бобини на тороидалното поле ще тежат около 740 тона всяка, от които 64 тона е свръхпроводящият кабел, по който може да тече ток от 60 000 А. Най-голямата бобина на полоидалното поле ще е с диаметър 30 m. Комплексът от бобини ще е поставен в цилиндричен криостат с диаметър 37 m и височина 34 m. И тази система на охлаждане ще трябва да поддържа свръхпроводника при температура -269 °C, само на 1,5 m от плазмата, загрята до над 100 мил. градуса. Това са, както при тора Supra, няколко слоя материали, разделени от вакуум и обвивка, които ще осигурят тази термична изолация.

Далече от плазмата, там където магнитното поле става умерено, под 5 Т, свръхпроводящите бобини ще бъдат конструирани от сплав на ниобий и титан, следвайки технология, близка до тази, използвана за тора Supra и вече доказана. За сметка на това бобините, които ще поддържат високо магнитно поле, до 13 Т за тези, които обкръжават плазмата, ще бъдат конструирани от ниобий-калаева сплав. Тази

сплав остава практически свръхпроводяща при магнитни полета много по-силни, отколкото при ниобий-титановата. Но тя е по-скъпа и е по-сложно да се използва. Тази технология все още се разработва с оглед размерите, необходими на ИТЕР.

Допълнителна пречка са "прекъсванията". Става дума за нестабилности, които могат да се породят локално, да се усилят и да накарат цялата плазма да работи в някакъв екстреман режим (твърде високи стойности на плътността или на тока). В тези ситуации плазмата губи рязко своята вътрешна енергия и генерира много интензивен поток топлина към стената, след което токът прекъсва също толкова рязко. Това предизвиква, при съвместния действие на магнитното поле и на индуцираните в структурата на установката токове, мощни механични напрежения. Замисълът на ИТЕР предвижда функциониране в режим, при който тези явления ще бъдат възможно най-редки. Очакват се обаче малък брой неизбежни прекъсвания, на които структурите на ИТЕР ще могат да устоят.



Фиг. 7. Японският токамак JT60-U. Той е с размери, сравними с тези на JET, но не използва тритий

Друга серия въпроси, върху които почиват изследванията на ИТЕР - EDA, засягат сигурността. Да припомним веднага, че, обратно на сегашните ядрени централи (с делене), реакторът със синтез не носи никакъв риск от самовъзбуждане: достатъчно е да се спре снабдяването със сместа деутерий-тритий, за да спре синтезът. За сметка на това има радиологични рискове. Те имат два източника. Единият е интензивното бомбардиране на стените от неутроните. Част от тези частици реагират с атомите на стените и се създават радиоактивни елементи. Вторият източник е голямото количество тритий, общо от 4 до 6 kg. Това е радиоактивен изотоп, слабо токсичен в сравнение с други, но той дифундира бавно в металите и прониква лесно в организма при вдишване.

Неутронното бомбардиране и активирането на структурите в резултат на това очевидно представляват опасност за работещите наоколо. Този риск се контролира по класически начин: обвивка на първата стена и дебел пояс от бетон около токамака. Колкото до близките до плазмата обекти - обвивката и дивертора, които ще бъдат активирани от неутрони с енергия 14 MeV, те ще трябва да могат да бъдат поправяни или заменяни чрез телеуправление. След демонтиране активните компоненти ще трябва да бъдат съхранявани в подходящи места. Рисковете, свързани с трития, ще бъдат минимизирани чрез системно фракциониране на инвентара (не повече от 60 g на парче)

и поставянето им в контейнери с три непроницаеми защиты (вакуумирани стоманени обвивки, стоманен криостат и бетонен пояс) между радиоактивните източници и околната среда. Още отсега се предвижда построяването на преработващ завод за рециклиране на трития и за свеждане на отпадъците до много ниско равнище (0,3 g годишно).

При тези експерименти в ИТЕР ще се "изгарят" няколко десетки грама тритий дневно, с общо постоянно съдържание от няколко килограма. През първата фаза на работата, която трябва да трае десетина години, в ИТЕР ще се използва тритий, идващ изцяло от външни източници, навярно от канадски реактор с тежка вода.

Заради енергетичната рентабилност един бъдещ реактор ще трябва сам да произвежда тритий чрез неутроните от синтеза. Това ще бъде допълнителна функция на обвивката, която граничи с плазмата. Предвижда се да се изпробва прототип на тритиево покритие, т.е. генериращо тритий (използвайки реакцията между неутроните и литий: $n + {}^6\text{Li} \rightarrow \text{T} + {}^4\text{He}$).

Вторият етап ще бъде планиран в зависимост от резултатите от първия и може също да трае десетина години. Конструирането на тритиогенното покритие ще изисква допълнителни инвестиции, оценявани днес на 7 - 8 милиарда франка. Целта е да се възстанови тритият на място и без да се прекъсва работата на ИТЕР. Това предполага развитие на методи за ефикасно извличане, върху което работят вече активно много лаборатории.

Какво ще става след ИТЕР? Сценарият е да се конструира опитен реактор, наречен DEMO, способен да произвежда значително количество електроенергия. Разработката на този проект ще се базира върху физическите и технически знания, придобити с ИТЕР и с другите съществуващи опитни установки. В DEMO ще бъдат използвани материали, които са устойчиви на неутроните и се активират слабо, за да понесат потоците, които ще бъдат много по-силни, отколкото в ИТЕР, и да могат да се рециклират за приемлив от човешка гледна точка интервал от време. Това предполага в частност облъчването на тези материали с неутрони (14 MeV) с голям интензитет да бъде изпитвано в депа, които ще бъдат построени специално за целта.

DEMO ще трябва да работи непрекъснато, произвеждайки всички тритий, който ще консумира, и да покаже, че е по-икономичен от реакторите с делене. Ако всички тези етапи преминат успешно, синтезът би могъл да се наложи като източник на енергия около 2050 г.

Превод: **А. Карастоянов**

(Jérôme Paméla et Michel Chatelier, "Des premiers tokamaks au project ITER", *La Recherche*, 299 Juin 1997, 60)

ЩЕ ЗАГУБИ ЛИ НАУКАТА СВОЯ ДЕКАРТОВ РАЙ И КАКВО ЩЕ ПОСЛЕДВА? *

Михаил Бушев ИФТТ – БАН

“Драмата на съвременния разум е в това, че след като разкри загадката на Вселената, той я замени с друга - със загадката на самия себе си.”

Александър Койре

I. Встъпителни бележки

1. Ако някой читател си е помислил, че темата на тази лекция е метафизична, ще трябва да го поправа: тя е метафизична на куб.

Първо, защото в тесния смисъл понятието “метафизика” означава “физиката, възникнала след и заменила Аристотелевата физика”. А физиката на Галилей, Декарт, Нютон е точно такава.

Второ, защото в по-общ смисъл “метафизика” означава системата от принципи, които лежат в основата на една частнонаучна област на знанията. Декарт създава именно такава система от епистемологични принципи, които съставят методологичната основа на физиката (на природознанието).

Трето, защото съвременната физика сочи тенденция да замени Декартовата метафизика с нова, която да съответства на стремежа разумът да бъде включен в кръга на физическото знание.

Метафизиката обаче винаги е интересувала физиците. Затова тук се споменават главно имена на физици, а философ единствено е ... Декарт.

2. Повод за излаганите тук въпроси бяха двете монографии на Р. Пенроуз “Новият разум на императора” (1989 г.) и “Сенките на разума” (1994 г.).

Справедливо е да се запитаме: какво общо може да има разумът с обектите на физиката? Този въпрос ни връща назад с близо 60 год., когато Е. Шрьодингер публикува забележителния си труд “Какво е животът? От гледна точка на физика”. Тогава самото споменаване на идеята за физическа същност на живота е звучало противоестественно. Смятало се е, че физиката е наука за неживото. Сега никой не мисли така. Физиката е наука за най-простите и заедно с това най-общи свойства и закони на природата. Животът като част от природата има своите специфични физически свойства, които са обект на физиката. Неотдавна чухме лекцията на нашия колега проф. Ал. Петров, в която той разказа за течнокристалните аспекти на физиката на живата материя.

Така че ако преди 60 год. е можело да се смята, че физиката на живота е метафизика, днес никой не се съмнява, че живата материя е обект и на физическо изследване. Заслужава да се отбележи, че в спомената книга на Шрьодингер епилогът, озаглавен “Детерминизъм и свободна воля”, е посветен на проблема за съзнанието; това е твърде многозначителен факт за книга, обсъждаща физическата природа на живота.

3. Може би по същия начин след няколко десетилетия учените ще обсъждат конкретни физически аспекти на разума. И това няма да учудва никого. Но в днешно време въпросите са значително повече от отговорите. Ето някои от тях:

а) Дали разумът (съзнанието, субектът на познанието) може да бъде активен участник (“не само зрител, но и актьор”) във физическите процеси?

б) ако да, то как, по какъв начин?

в) Класическата наука възниква и получава мощно развитие през 17-19 вв. въз основа на Декартовата парадигма за обективната рационалност. Наричам тази

парадигма “Декартов рай”, защото тя създава огромен комфорт на научното изследване: разумът е пасивен (безучастен, безплътен) наблюдател на събитията в природата и не носи никаква отговорност за тяхното протичане и техните закономерности. Колкото и странни да са някои наблюдения и изводи, готовият отговор е: “така е в природата”.

Но ако разумът се окаже активен участник в тези събития, отговорът далеч не е така прост. Не означава ли това, че щом търси физическа същност на разума, науката доброволно се отказва от своя Декартов рай? (Да си спомним библейската притча: човекът е изгонен от рая, защото е дръзнал да вкуси плодовете на дървото на познанието.) И ако бъде изгонена от рая, какви ще бъдат последствията за физиката и науката въобще?

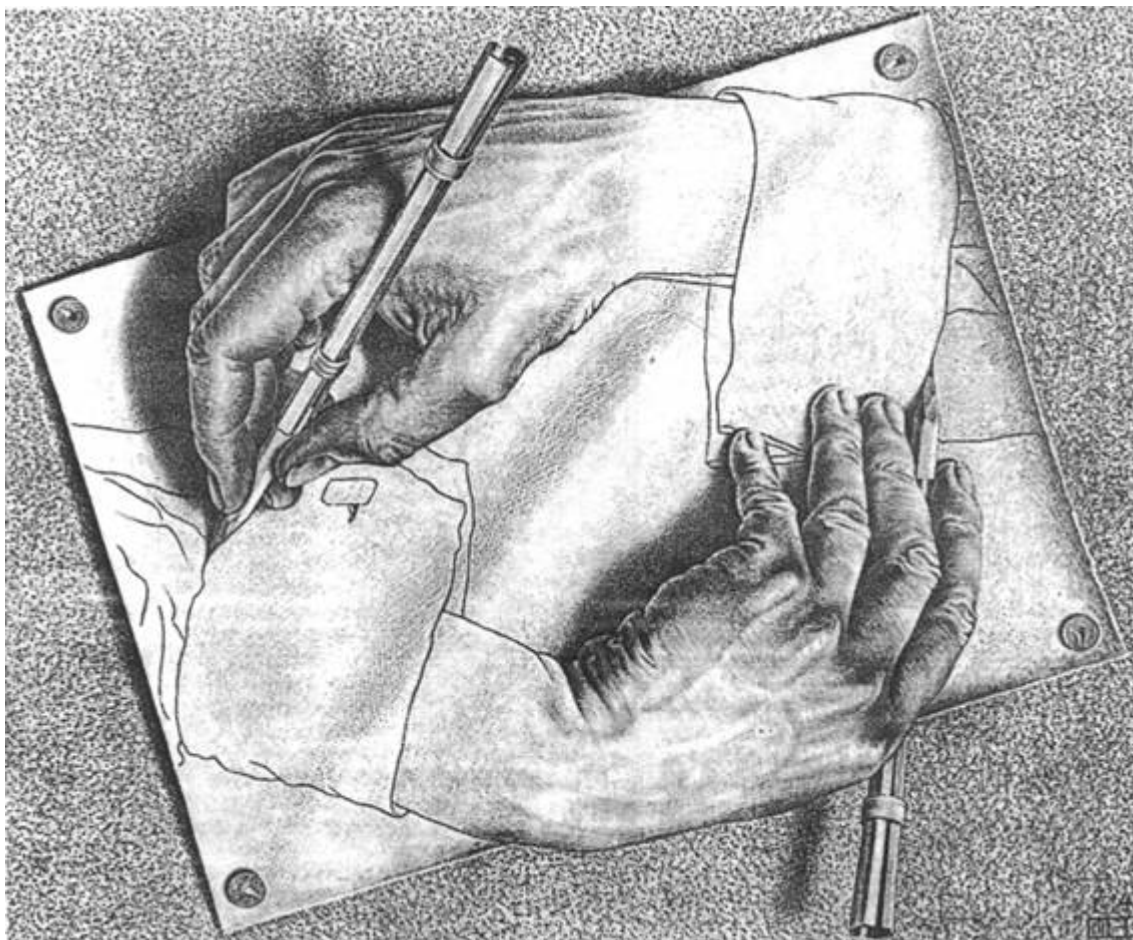
II. Разумът като обект на физическо изследване

1. За разума като обект на психо-медико-биологически изследвания се говори отдавна (т.нар. mind-body problem - проблемът разум-тяло). А като обект на изкуствата разумът е обект, откакто те съществуват. Но за физическата му същност се заговори едва през последните няколко десетилетия. (Напр. М. Гел-Ман в “*Кваркът и ягуарът*” (1994 г.) казва, че в оглавявания от него институт в Санта Фе, създаден през 1980-те години, този проблем е в научно-изследователската програма на института; но заедно с това споменава, че някои физици избягват да споменават за разума и говорят за “думичката R”; срв. СФ 2/98, с. 158).

2. Преди да обсъдя споменатите по-горе 2 монографии на Р. Пенроуз (по-подробно тези неща се обсъждат в: М. Бушев, “*Какво е разумът? От гледна точка на физика*”, СФ 2/98, с. 134), ще кажа няколко думи за техния автор и кръга на неговите научни интереси. Пенроуз е математик и физик-теоретик, чиито трудове по ОТО, космология и астрофизика са добре познати и от техните преводи на руски и български (“*Структура на пространство-времето*”, “*Природа на пространство-времето*”, “*Новият разум*” и др.). Известни са “процесът на Пенроуз” (за извличане на енергия от черни дупки), принципът на Пенроуз за космическата цензура (забрана на голите сингулярности). А за физиката на кондензираното състояние особено интересна е неговата идея (1972 г.) за т.нар. “паркет на Пенроуз” - плътно покритие на равнината с 2 вида “златни” ромбове. Това е дълбока задача, в която особено характерно е глобалното ѝ решение, за което няма алгоритъм. (Подчертавам свойствата глобалност и неалгоритмичност, защото те са важни за нашата тема.) Забележително е, че десетилетие по-късно във физиката беше открит квазикристалът - твърдо тяло с апериодична решетка, но с далечен порядък - физическа реализация на паркета на Пенроуз (вж. М. Бушев и Б. Давидков, “*Квазикристали и още нещо*”, СФ 3/99, с. 197). Още като юноша Пенроуз открива т.нар. “невъзможни тела” (не могат да съществуват поради вътрешно противоречивите си части) и те по-късно са пресъздадени от знаменития холандски художник М. Ешер. (Някои от тях са образи на обсъжданите по-нататък логически странни цикли.)

3. Повод за написването на първата книга (*The Emperor's New Mind*, 1989; бълг. превод: *Новият разум на царя - за компютрите, разума и законите на физиката*. Унив. изд-во, С. 1998) било едно TV предаване, в което привържениците на изкуствения интелект твърдели, че не след дълго компютрите ще настигнат и надминат възможностите на човешкия разум. Пенроуз много се ядосал на това, защото според него, за разлика от компютрите, цялото разнообразие на творчески способности и емоции на човека няма алгоритмична основа и не е детерминирано.

Изглежда Пенроуз е бил много ядосан, защото 5 год. по-късно излиза втора негова книга на същата тема (*Shadows of the mind*, 1994).



Мориц Ешер, **Рисуващи ръце** (литография, 1948 г.)

4. Основни идеи в монографиите на Пенроуз:

а) Мисловният процес е *глобален*. В него няма времева или пространствена редица от възникващи един след друг образи (думи, идеи, формули, мелодии; срв. с Gestalt психологията).

б) Разумът има физическа основа (постулат) и тя е неалгоритмична по своята същност. Основание за това е фактът, че в самата математика не е възможно да се изгради пълна и непротиворечива система от аксиоми (теоремите на Гьодел). Следователно не е възможно да се създаде алгоритъм за работата на компютър, който да е способен да решава неалгоритмични задачи (напр. Диофантовата задача, паркета на Пенроуз), както това прави човекът-математик.

в) Работата на разума допуска флуктуации (проби и грешки), докато изкуственият интелект е детерминирана система, т.е. защитен е от флуктуации. (А, ако бъде създаден изкуствен интелект с флуктуации - грешки, той едва ли ще се различава от разума.)

5. Не е възможно тук да се проследят всички възможности за физически модел на работата на разума, които Пенроуз изследва и отхвърля. Сам той клони към идеята, че физическата същност на разума трябва да се търси в:

а) Редукцията (колапса) на вълновата функция, т.е. дискретното (скокообразно), акаузално и необратимо преминаване на вектора на състоянието до определена стойност на измерваната физическа величина.

б) Ефектите на квантовата гравитация и разработвания от самия Пенроуз вариант с т.нар. twistor theory.

6. Казано накратко, според Пенроуз за изясняване физическата същност на разума ще е необходима нова физика, която да включва редукцията на вектора на състоянието и квантовата гравитация. Възможно е решението да е съвсем друго. Но тук ще подчертая категоричното убеждение на Пенроуз:

“Съзнанието е част от Вселената и всяка физическа теория, която не му отделя дължимото място в себе си, безнадеждно изоставя от адекватното описание на света”.

а) Ще посоча, че същото убеждение изразява и Ст. Уайнбърг, когато заявява (1999 г.):

“Не ми е известно нищо такова за човешкия разум, което да го отличава от проблема за метеорологичната прогноза и което да пречи за неговото разбиране въз основа на безпристрастни закони, действали в продължение на милиарди години” (СФ 1/01, с. 26).

7. Физически аспекти на разума в неklasическата физика.

Трябва да подчертая, че идеите на Пенроуз не възникват на празно място. Некласическата физика (теорията на относителността, квантовата механика и космологията) вече доста отдавна е привлякла разума на арената на физическите събития – при това на различни равнища на физическо описание (подробно това се обсъжда в: М. Бушев, *Антропният фактор*. СФ 21/98, с. 173).

а) На микроравнище (според разширената Копенхагенска интерпретация на квантовата теория; Фон Нойман, 1932, Вигнер, 1961, Пайерлс, 1979) наблюдателят е неделимо свързан с обектите на наблюдението и даже неговият разум е отговорен за редукцията на вълновата функция (резултат от дискретна промяна в състоянието на знание на експериментатора). Обстойно изложение на тези идеи има в неотдавна излязлата статия на М. Б. Менский (УФН, **170**, № 6, 2000). Този автор развива хипотезата, че *“Функцията на съзнанието е да избере един от алтернативните резултати на квантовото измерване”* и това му позволява да заключи, че **“Квантовата теория на измерването може да доведе до теория на съзнанието като фундаментално физическо свойство”**.

б) На мегаравнище разумът играе централна роля в т.нар. Антропен принцип (Р. Дике, Бр. Картър и мн.др.). Според “слабия” или “силния” антропен принцип съществуването на човека и разума е необходимо или необходимо и достатъчно условие за възникването и еволюцията на Вселената. По афористичната формулировка на Дж. Уилър: *“Ето човекът, каква трябва да е Вселената?”*. Много характерна е сентенцията на Брандън Картър *“Cogito, ergo mundus talis est”* (“Мисля, следователно светът е такъв, какъвто е”), защото тя обръща известната сентенция на Декарт (*Cogito, ergo sum*) от мисленето като условие за съществуване на субекта към мисленето като условие за съществуване на Вселената.

в) Трябва да изтъкна, че посочените два възгледа се отричат от редица водещи физици – като се започне от Айнщайн и Шрьодингер (1935 г.) и се свърши с Уайнбърг (1999 г.). (За съжаление тази област е любима на хора с мистична настройка.)

г) В случая не е съществено доколко жизнеспособни са физическите теории, включващи субекта като активен фактор. Важно е, че в съвременната физика съществува ясно изразена такава тенденция. В сравнение с класическата наука, основаваща се на Декартовата парадигма, това е принципно различно схващане. В класическата физика (наука) идеята за разума като фактор в природните процеси по принцип не би могла да възникне.

III. Класическата наука

1. Класическата физика (наука) възниква и се оформя през 17 в. Дотогава е господствал Аристотелевият рационален възглед за природата. Според Аристотел цялата природа е изградена върху *causes finales* (крайните, целевите причини, целите, заради които е създадено нещо) и те са ключ за нейното опознаване. Въпросът “защо” (“с каква цел?”) е основен в Аристотелевата физика.

2. 17 в. бележи възникването на нов тип рационалност - обективната. В нея човекът и неговите особености, неговите ценности са изключени от картината на физическия свят. Въпросът “защо” е изключен от тази физика и е заменен с въпроса “как?” (“по какъв начин?”). С физиката на Галилей и Нютон се оформят принципите и идеалите на класическия научен метод:

а) Принципът е обективността. Ученият е безпътен и безучастен наблюдател, пасивен регистратор на събитията, който остава “извън скобите” на наблюдавания процес. Класическият метод изключва както антропоморфния фактор, така и ценностните съждения и оценки.

б) Идеалът е простотата, преминаването към максимално прости физически обекти, с най-малък брой признаци.

в) Същността на метода е редукцията (анализът, разчленяването на части на процесите и явленията), изучаване свойствата на елементите и последващ синтез, с цел да се изясни природата на цялото.

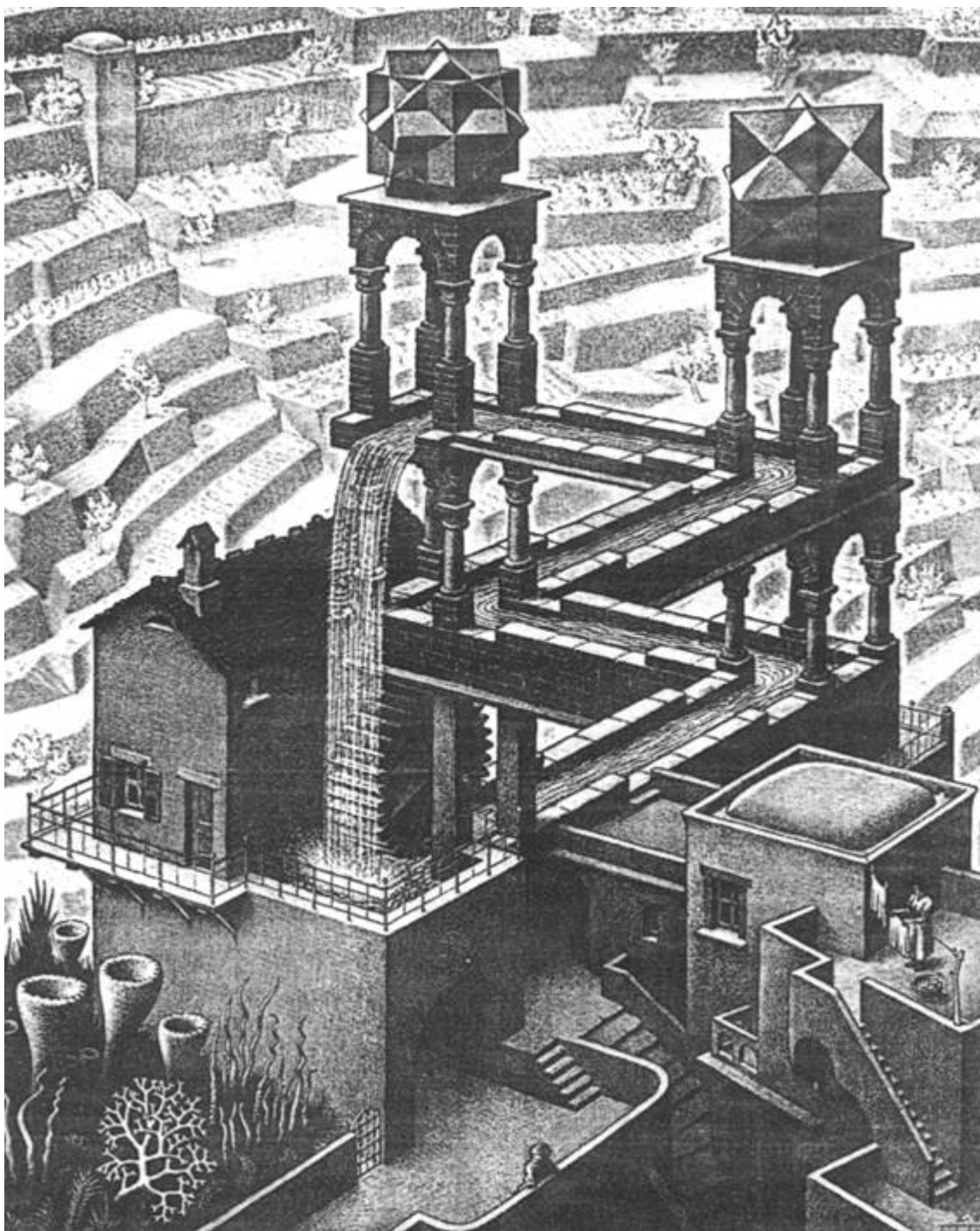
3. Методът на класическото естествознание води до грандиозните успехи на механиката през 18 в., на оптиката и термодинамиката през 19 в. и налага своя отпечатък върху цялата наука (вкл. биологията и хуманитарните науки). Така се оформя класическата картина на света.

IV. Декартовият дуализъм и монизмът на източната философия

1. През октомври т.г. австрийският физик (също философ и музиковед) Herbert Pietschmann изнесе няколко лекции в Софийския университет. Последната беше озаглавена “*Защо природните науки възникват в Западна Европа?*” Въпросът е добър. Но според мен лекторът не даде ясен отговор нито на него, нито на въпроса: защо източната култура не създава наука, въпреки че е много по-древна от западната култура?

2. Моят отговор на първия въпрос е: науката възниква именно в Западна Европа и именно през 17 в., благодарение на обективния рационализъм и на основата на дуализма, който най-ясно и категорично е формулиран от Рене Декарт. Именно този факт дава основание на Х. Вайл (“*Единство на знанията*”, 1954) да заяви: “**Рене Декарт е бащата на нашата западна философия**”.

Философията на Декарт формира самия стил на мислене, парадигмата на класическата наука.



М. Ешер, **Водопад** (литография, 1961 г.)

3. Рене Декарт (латинизирано име *Ренатус Картезиус*)

а) Роден е през 1596 г. близо до г. Турен (Франция). Произхожда от древен дворянски род. Учи в йезуитско училище в Анжу. За кратко време участва в 30-годишната война. Няколко години пътешества и от 1629 г. заживява в Холандия, където в продължение на 20 год. се отдава на уединени научни занятия. През 1649 г. по покана на шведската кралица се преселва в Стокхолм, където умира през 1650 г. Основните му трудове са: „*Геометрия*“, „*Разсъждение за метода*“, „*Метафизика*“, „*Диоптрика*“, „*Принципи на философията*“.

б) Физиците и математиците познават Декарт главно като създател на много от съвременните алгебрични означения, като основател на аналитичната геометрия (главно в равнината) и създател на Декартовата координатна система. Във физиката въвежда понятието импулс на силата, формулира закона за запазване на количеството на движение, формулира законите за разпространение (пречупване и отражение) на светлината. Създава теория, обясняваща образуването и движението на небесните тела с вихровото движение на материалните частици. Във физиологията въвежда понятието рефлекс, разпространява върху живите организми схващанията си за света като механизъм и предлага механичното им описание.

в) Като учен Декарт е останал в сянката на такива гиганти като Галилей и Нютон, които категорично и последователно налагат научния метод на класическото естествознание. Но самата идея на метода, неговите принципи са дело на Декарт. Именно затова М. Клайн (*Математика*, “Мир”, М., 1984 г., с. 53) казва: *“Декарт е преди всичко философ, второ – космолог, трето – физик, четвърто – биолог и едва пето – математик”*. С това Клайн подчертава значението на философските идеи на Декарт.

г) В основата на своята философия (*“Разсъждения за метода – за да можем правилно да насочваме своя разум и да разкриваме истината в науките”*, 1637 г.; *“Метафизика”*, 1641 г.; *“Принципи на философията”*, 1644 г.) Декарт полага дуализма на тялото и духа, на *res extensa* и *res cogitans* – на “протяжната” и “мислещата” субстанция, материалния свят с основен атрибут протяжността и разума (духа, съзнанието) с основен атрибут мисленето. Мислещата субстанция е непротяжна и неделима; тя е обект на изучаване от метафизиката. Материалната субстанция има протяжност и затова е делима на части, които имат свойството да се движат; тази субстанция е обект на изучаване от физиката. Декарт отъждествява материята с пространството и така дава възможност на Галилей да обоснове основното понятие на механиката – идеалното (или математическо) тяло.

Подобно на Евклид, Декарт строи своята философска система въз основа на аксиоми:

- мисля, следователно съществувам;
- всяко явление има своята причина;
- следствието не може да предшества причината;
- идеите за съвършенство, за пространство, за време и за движение са априорно присъщи (вродени) за разума.

Основните правила на неговия научен метод са:

- да се започва с простото и очевидното;
- с помощта на дедукция да се стига до по-сложни заключения;
- това трябва да се прави така, че веригата от умозаклучения никъде да не се прекъсва; а за тази цел е нужна интуиция, която позволява да се видят първопричините, и дедукция, с чиято помощ от тях се получават следствията.

Декартовият обективен рационализъм (всесилие на човешкия разум, неизменност на природните закони, протяжността и движението като същност на физическите обекти, различието между тяло и дух) оказва решаващо влияние върху формирането на научната и философска мисъл. *“Поради това предисторията, а често пъти и историята на класическите физически концепции започва от физиката на Декарт или от теориите, възникнали през 17-18 в. под непосредственото влияние на картезианството”* (Б. Г. Кузнецов, *История на философията за физици и математици*, “Наука и изкуство”, С., 1980 г.; с. 211).

Защо Декартовата парадигма може да се нарече “рай” за научното търсене, ще стане ясно след малко. Заедно с това отсега е ясно, че вътре в Декартовия рай разумът е

лишен от физически атрибути и поради това е вън от физическия свят, не може да бъде обект на физическо изследване.

4. Моят отговор на втория въпрос, поставен в началото на този раздел, е: източната култура, въпреки своето древно съществуване, не създава наука поради своя мистичен възглед за света, поради монистичното схващане за единство и сливане на физическата природа с разума.

а) Големият познавач на източната философия (и убеден последовател на Дзен-будизма) Дайсец Судзуки (1870 - 1966) прави дълбок анализ и сравнение между западното и източното мислене. В резюме стигаме до следната съпоставка:

<u>западно мислене</u>	<u>източно мислене</u>
дуалистично	монистично
обективно	субективно
диференциращо	интегриращо
индуктивно	дедуктивно
количествено	качествено
понятийно, вербално	образно, символично
логически ориентирано	емоционално ориентирано
рационално	ирационално
позитивно	описва чрез отрицания

Много характерни за Дзен-философията са логическите парадокси (коани), които под формата на притчи и загадки демонстрират ограничеността на логическото мислене и безпомощността на словото (вербалния израз). Ясно е, че такава философия априорно отрича всякакъв научен метод. Поради това бих допълнил горната съпоставка с каламбура: ако западната (т.е. Декартовата) философия е “рай” за науката, то източната философия е “край” на науката.

V. Канторов и Декартов рай, автореферентност, странни цикли и парадокси

1. Канторов рай. “Никой няма да ни изгони от рая, създаден от Кантор”. Така се изразява Д. Хилберт през 1899 г. (“Основи на геометрията”) по повод математическата теория на Г. Кантор, в която непротиворечивите множества създават твърде благоприятни условия за логиката и математиката. Вероятно предчувствието за приближаващите “бедствия” (по изказа на Морис Клайн) и криза в математиката са накарали Хилберт да се изрази така патетично. Добре известно е, че буквално по същото време вече са назрели парадоксите и противоречията в теорията на множествата и логиката, които разтърсват из основи Канторовия рай. Забележително е, че по твърде сходни причини и Декартовият рай е изправен пред същата угроза.

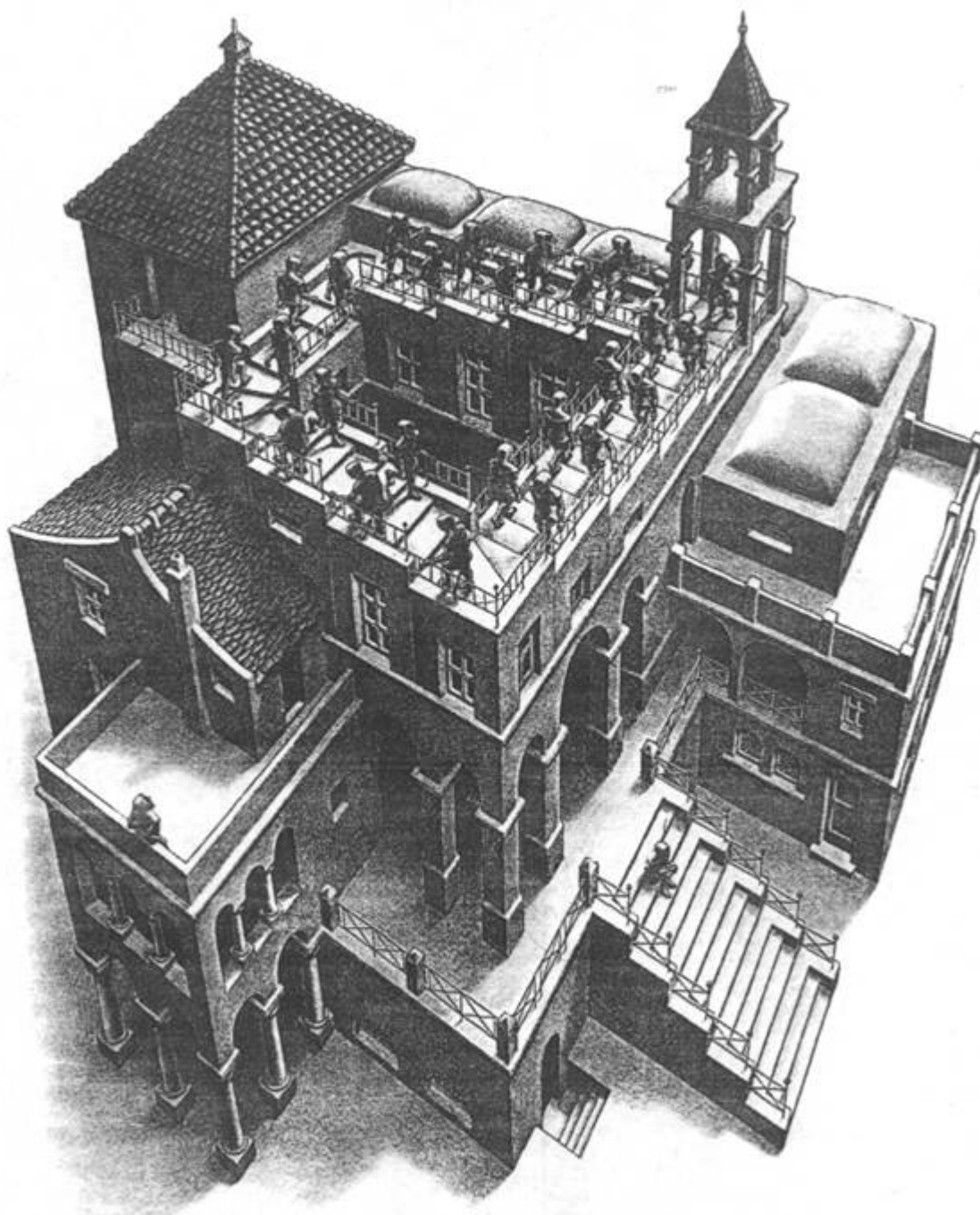
2. Декартовият дуализъм е “рай” за познавателния процес, защото разделя категорично субекта от обекта на познанието. Когато тази преграда се размие, разумът се сблъсква с парадоксалната същност на самопознанието, самоосъзнаването, с безкрайната и неразчленима редица от рефлексии и саморефлексии. Те се обединяват от понятието автореферентност (самоотносимост, самопозоваване).

3. Автореферентността е свойство на изказвания (правила, закони, теории), които обхващат самите себе си. АР е много разпространено явление. Тя възниква всеки път, когато казваме “аз”, “мен”, “дума”, и т.н., когато пишем за граматика или стилистика, когато правим карта на града, който в момента обитаваме, когато художник рисува автопортрета си, гледайки се в огледалото, когато говорим за ... автореферентност.

а) Много са системите, които описват самите себе си в рамките на своята собствена символика. Някои от тях са напълно безобидни (“аз говоря”, “аз казвам истината”). Но да вземем изказването: “Аз лъжа”; ако лъжа, то не лъжа и обратното. Стъпили сме на някакъв безкраен кръг, въртим се по него и не можем да спрем. Същото се отнася за

обичайната житейска мъдрост: “Всяко правило има изключение”. Тя е АР, защото самата тя е правило. И по същия начин ни завърта в кръг “истинна-неистинна”.

Основното правило на Аристотелевата логика - правилото за изключеното трето – също става жертва на – своята автореферентност. Според това правило (закон) всяко изказване или е истинно, или е неистинно. Но то самото е изказване, поради което законът за изключеното трето може да е истинен, а може и да не е истинен (Клайн, с. 240).



М. Ешер, Качване и слизване (литография, 1960 г.)

4. Странни цикли. Когато нещо (йерархична система) се обръща, насочва се към, взаимодейства със самото себе си, често възниква логическа примка (кръг, цикъл) с

характерни парадоксални свойства - странен цикъл (D. Hofstadter. *GÖDEL, ESCHER, BACH: An Eternal Golden Braid*. Harvester, 1979 г.). Странен цикъл е например изказването “Това изречение е грешно” (или “Аз лъжа” - т.нар. парадокс на лъжеца, на Епименид; на критянина). Неговата цикличност е очевидна: ако е грешно, то е вярно, а ако е вярно, то е грешно.

Не е възможно да се излезе от странния цикъл, ако той не бъде разкъсан. Напр. двете изречения:

“Долното изречение е вярно.

Горното изречение е грешно”

образуват странен цикъл, макар че поотделно те са напълно безобидни.

а) Този пример илюстрира значението на глобалността (холизма) за възникването на странни цикли и парадокси. Затова холистичното източно мислене не случайно е изтъкано от парадокси.

Прекрасни илюстрации за парадоксалността на странните цикли са някои от картините на М. Ешер (“Рисуващи ръце”, “Качване и слизане”, “Водопадът”, “Лентата на Мьобиус” и др.). В тях всяка отделна част е напълно безобидна и естествена, но в своята цялост те са шокиращи.

6. АР е в центъра на теоремите на Гьодел за непълнота и непротиворечивост (ако една система от аксиоми е непротиворечива, тя е непълна, т.е. съдържа такива твърдения, които вътре в нея не могат нито да се докажат, нито да се опровергават). Гьодел формулира своята теорема като кодифицира математически парадокса на Епименид. Но по-късно са давани други доказателства, основани на кодификацията на други АР парадокси.

7. АР и странните цикли показват, че когато субектът се превърне в обект на познанието, когато субект и обект се слейт, наблюдателят се оказва в шизофреничното състояние да бъде едновременно вътре и вън от себе си. Съвременната наука все по-ясно осъзнава значението на тази ситуация за научното познание. Опитите за нейното разрешаване започват още през първата половина на 20 в., но все още не е намерен убедителен изход.

VI. Науката вън от Декартовия рай

1. В статията “Физическото значение на идеята за допълнителността” (1950 г.) В. Паули многократно подчертава, че самото понятие съзнание изисква да може да се прокара разделителна линия между субект и обект. Съществуването на такава разделителна линия се диктува от логическата необходимост – казва Паули, – но самото ѝ положение остава до известна степен произволно.

а) По-нататък Паули сочи, че неразбирането на това обстоятелство води до *два различни вида метафизични екстраполации*. Първата предполага съществуването на материален обект, чиито свойства не зависят от наблюдението. Съвременната физика под натиска на фактите, подчертава Паули, е принудена да се откаже от тази абстракция като твърде тясна. Другата крайност, казва Паули – източният мистицизъм, в който субект и обект се сливат в някакъв всеобщ (космически) разум, – също е неприемлива. Компромисното решение (“златната среда” по изразу на Паули) е идеята за допълнителността.

2. В единия край на посочения от Паули спектър от възгледи е физическият реализъм, който в основата си съответства на Декартовия дуализъм. Негови привърженици са Айнщайн, Шрьодингер, Де Бройл, Уайнбърг, Гел-Ман и др.

а) Показателна в това отношение е позицията (на повечето съвременни учени), изразена от А. В. Pippard (“*The invincible ignorance of science*”, *Contemporary Physics*, **29**, 1988 г., pp. 393-405). Според Пипард:

“Ако науката не може да се издигне до царството на разума, а разумът не може или не иска да вникне във физическата реалност, учените – даже и най-убедените монисти – трябва за своите практически цели да се придържат към прагматичния дуализъм”.

Този прагматичен реализъм най-вероятно ще продължи още дълго време да “работи” в повечето от областите на научното знание.

3. В другия край на спектъра са опитите на някои автори (Ф. Капра *“Тао на физиката”*, 1974 г.; Г. Зукав *“Танцуващите майстори на Ву Ли: обзор на новата физика”*, 1979 г. и др.) да покажат, че съвременната физика потвърждава схващанията на източния мистицизъм. В действителност всяко сходство на съвременната физика с източния мистицизъм по-скоро е повърхностно и изкуствено преувеличено.

4. Принципът на допълнителността (Н. Бор, 1927 г. и по-нататък; Хайзенберг, Паули, Борн и мн. др.) е остроумен опит за *компромис* между посочените две крайности. Според този принцип получаването на експериментална информация за едни физически величини, описващи даден микрообект, е неизбежно свързано със загубата на информация за други величини, допълнителни на първите. Най-често тази загуба на информация се обяснява с влиянието на измервателния уред (винаги макрообект) върху състоянието на микрообекта.

а) Бор добре е познавал източната философия. Таоистката мисъл за *“актьори и зрители във великата драма на битието”* е получила разпространение в западната култура главно благодарение на него. Бор се е увличал особено силно от възникващите (във физиката) противоречия и непрестанно ги е търсел. Неговите афоризми често носят белега на автореферентност (*“Всяко мое изказване трябва да се разбира не като твърдение, а като въпрос”*).

До края на живота си Бор непрестанно дава многобройни формулировки на принципа на допълнителността, като винаги внася нови нюанси и понякога умело втъква в тях автореферентност. Това проличава и от афоризмите му:

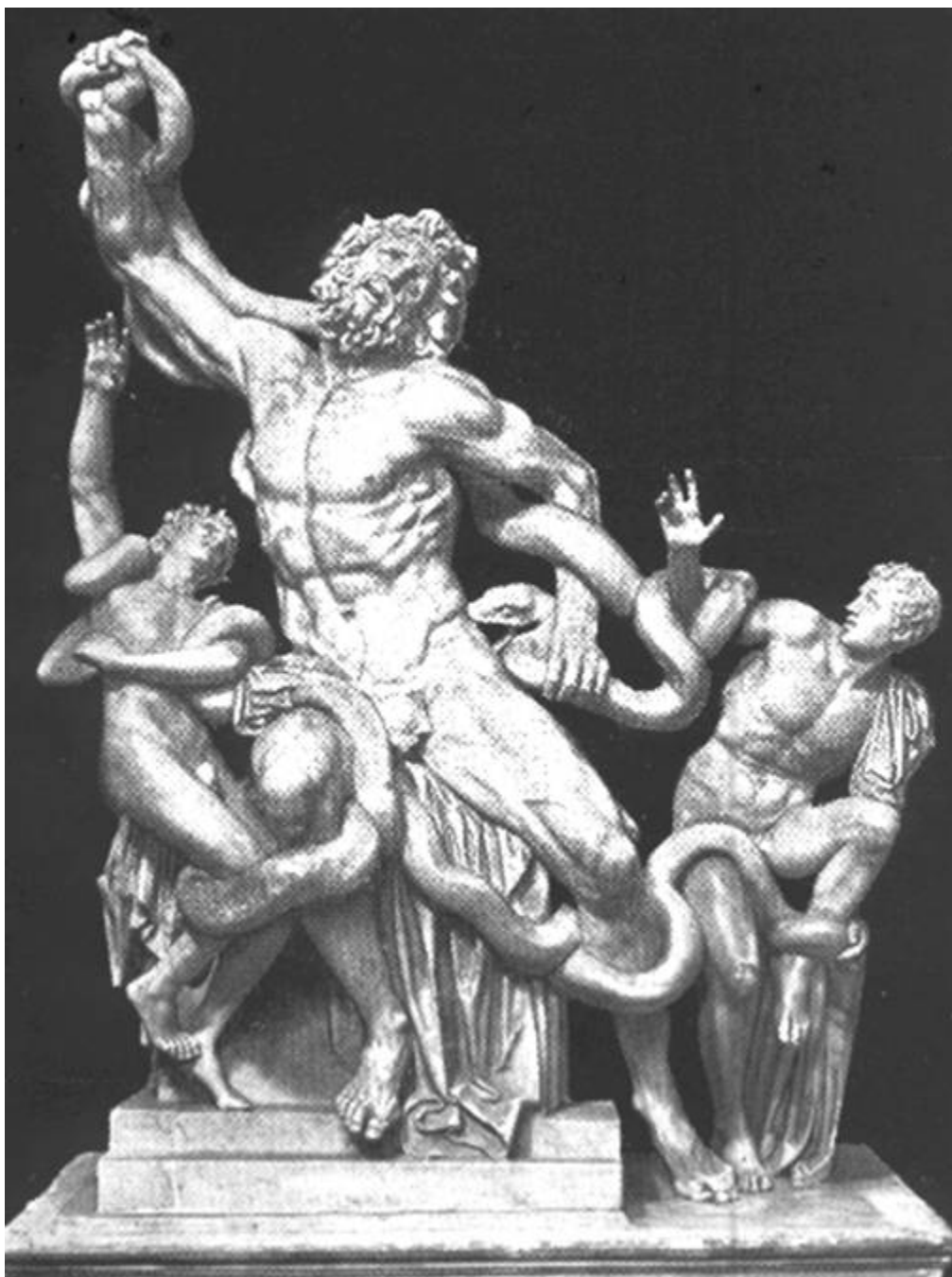
“Яснотата е допълнителна на истината” (по стихове на Шилер) или

“Съзнателният анализ на всяко понятие изключва непосредственото му прилагане”.

Не е трудно да се убедим, че приложени към принципа на допълнителността, тези афоризми обясняват известна изолираност на този принцип от квантовата (физическата) теория. Бор категорично не е приемал принципа на Хайзенберг за неопределеността като математически израз на допълнителността. Смятал е, че неговият принцип има мащабите на епистемологичен принцип, който иде да замени Декартовия дуализъм. Това се потвърждава както от негови изказвания, така и от изказвания на Паули, Хайзенберг, Зомерфелд и др.

Например Арнолд Зомерфелд недвусмислено заявява: *“Целият наш живот се определя от дуализма на физико-химическите и психическите процеси. Вместо дуализъм често употребяваме въведения от Бор по-точен термин “допълнителност”, който подчертава, че само съвместното прилагане на двете представи дава пълно описание на природата на светлината и частиците. Задачата на бъдещия Кант е да създаде такава теория на познанието, в която двете схващания да участват равноправно и взаимно да се допълват”.* (Пути познания в физике. М., 1973 г., с. 117-124).

Напълно очевидно е, че Зомерфелд е виждал в принципа на допълнителността подходящ кандидат за основополагащ епистемологичен принцип.



Агезандър, Атенодор и Полидор (около 40 г. пр.н.е.), Лаокоон.

VII. Заключителни бележки

1. Съвременната физика е изправена пред труден епистемологичен проблем – избор на познавателна парадигма. Моето убеждение е, че Декартовата парадигма няма да бъде премахната, а ще бъде уточнена (така както СТО уточнява класическата механика). Науката вероятно още дълго време ще пребивава в лоното на Декартовия рай (и за разлика от математиката едва ли ще изпита толкова силни трусове).

2. Понякога формулирането на един труден проблем помага да се реши друг труден проблем. Известен е проблемът, който Вигнер нарече “Необяснимата (unreasonable) ефективност на математиката” (1960 г.) и който близо половин век се обсъжда (Дайсън, Уайнбърг, М. Клайн и др.). Може би тази ефективност има същия

корен, който подхранва общите за математиката и физиката проблеми на автореферентността, на взаимоотношяването между субект и обект.

3. Проблемът за отговорността на учения – морална, общочовешка – винаги е опирал до безличната (дехуманизирана и деаксиологизирана) същност на научното знание. Възможно е този проблем да намери ново тълкуване в светлината на една нова епистемологична парадигма.

4. Добре известният проблем за “конflikта” на двете култури – науката и изкуството (Ч. П. Сноу, 1959 г.) – не затихва и досега. Възможно е решението му да се постигне въз основа на една нова епистемологична парадигма: изкуството с неговата холистична и интуитивистка природа да се сближи с науката с нейния редукционистки и логически характер.

Като илюстрация на това очакване бих посочил забележителната скулптура на родоските майстори “Лаокоон”. Тук изкуството е възплътило драматичен символ: науката в прегръдката на странния цикъл. Както посочва Готхолд Лесинг, гениалността на творбата е в това, че не посочва (известния от легендата) изход от изображението титаничен конфликт.

* Лекция, изнесена на семинара на ИФТТ-БАН, 12 дек. 2002 г.

В послеслов към публикуваната по-рано в нашето списание (кн. 3/2002 г.) статия на Йосиф Шкловски “Съществуват ли извънземни цивилизации”, подобно на поета Роберт Рождественски, който, вдъхновен, пише стихове (отпечатани пак там), нашият колега Хр. Манев написа текст в проза, който публикуваме сега ...
Бел. ред.

ЧОВЕКЪТ И ВСЕЛЕНАТА

Христо Манев

Проблемът за нашето място във Вселената, за ролята ни в нея и изобщо за отношението между Човека и Вселената възниква с първите проблясъци на съзнаващата природа. Нейното развитие несъмнено го разраства, усложнява и задълбочава, което представлява сериозно основание да го смятаме за все по-важен както за Човека, така и за Вселената. За първи път грандиозността на този проблем навярно е формулирана в древноиндийската Ригведа, X, 129:

“Тогава не е имало нито съществуващо, нито несъществуващо ...

Тогава не е имало нито смърт, нито безсмъртие ...

Без полъх само себе си дишало Единното,
покрито с празнота ...

Кой наистина знае, кой сега би разказал,
откъде е възникнал този свят?

Боговете (са се появили) след сътворяването му ...

Тогава от какво е възникнал този свят,
създал ли (го е някой) или не?

Който е видял това на най-високото небе,
той наистина знае. (А) ако не знае?” [1]

Всеки наш опит за неговото решаване естествено ни поставя в центъра на Вселената, поради нашето локално хронопространствено положение при взаимодействието ни с нея. Затова антропоцентризмът винаги участва по един или по друг начин във всичките ни мирогледни системи, които варират от опити за безусловното му приемане до опити за безусловното му отхвърляне. Затова историята ни е пълна с въздигания и сгромолясания на Човека сред Вселената. Като почнем от религиите и стигнем до хелиоцентричната система на Аристарх Самоски, преоткрита по-късно от Коперник. Да не говорим за еволюцията на видовете, открита от Дарвин, за безбройните светове на Бруно и за разбягването на галактиките, предсказано от Фридман и открито от Хъбъл.

Тук искам да се спра по-специално на едностранностите и абсолютизациите, върху които се основават люшканията между безусловното приемане и безусловното отхвърляне на антропоцентризма. Например Хегел явно абсолютизира човешкото познание, за да го постави в основата на цялата Вселена като Абсолютен дух. В своето саморазвитие Абсолютният дух отрича себе си като се опредметява в своето инобитие природата. На свой ред и саморазвитието на природата отрича себе си като поражда различните форми на конкретния дух. В този смисъл за Хегел няма нищо ново под Луната, понеже в крайна сметка всичко в този свят е само Дух. В критиката си на Хегеловата мирогледна система Енгелс вярно отбелязва, че тя е вътрешно противоречива, защото отрича по същество развитието в света, което от друга страна непрекъснато се прокламира. Но същият този Енгелс неявно абсолютизира същото човешко познание с твърдението си, че всичко в света е само материя. За разлика от Хегел обаче Енгелс стига до пълно обезсмисляне на човешкото съществуване във Вселената:

“Ето вечния кръговрат, в който се движи материята ... кръговрат, в който всяка крайна форма на съществуване на материята – била тя слънце или мъглявина, отделно животно или животински род, химично съединяване или разлагане – е също така преходна и в който нищо не е вечно освен вечно изменящата се, вечно движещата се материя и законите на нейното движение и изменение. Но колкото и често и колкото безжалостно да се извършва този кръговрат във времето и пространството ... ние сме уверени, че материята във всичките свои превръщания остава вечно една и съща, че нито един от нейните атрибути никога не може да се загуби и че затова със същата желязна необходимост, с която тя някога ще изтреби върху Земята своя най-висш продукт, мислещия дух, тя ще трябва да го породи отново някъде другаде и в друго време.” [2]

Макар и много по-съвременен Норберт Винер е по-голям песимист и от Енгелс:

“Ние плуваме срещу течението, като се борим с огромния поток на дезорганизираността, който, в съответствие с втория закон на термодинамиката, се стреми да сведе всичко до топлинна смърт, всеобщо равновесие и еднаквост ...

Ние съвсем не се борим за никаква определена победа в неопределеното бъдеще. Най-великата от всички победи – това е възможността да продължим своето съществуване, да знаеш, че ти си съществувал. Никакво поражение не може да ни лиши от успеха, заключаващ се в това, че в течение на определено време ние сме пребивавали в този свят, който, изглежда, няма никакво отношение към нас.” [3]

Ето как бащата на кибернетиката не е разбрал нейния дух! Защото тъкмо идеите на кибернетиката ни позволиха да разбулим мистерията на човешкото познание, а оттам и да го видим като несводимо към досъзнанийното познание и не като абсолют, а само като един от етапите в еволюцията на Вселената. Заради липсата на такова съвременно разбиране на проблема за Човека и Вселената са и критичните ми забележки към доклада на Йосиф Шкловски “Съществуват ли извънземни цивилизации?”, изнесен в Москва през 1984 г., с който се запознах едва от сп. “Светът на физиката”.

Твърдението на Шкловски, че “науката не може да получи достатъчно пълна представа за изследвания обект, ако той е известен в един-единствен екземпляр” е ограничено. Защото, според мястото на човека като обект в действителността, тя най-общо се разделя на **микросвят** – от атомите надолу, на **мезосвят** – от размерите на човека и на **мегасвят** – от галактиките нагоре. Вярно е, че изучаването на мезообектите и особено на микрообектите обикновено започва с класифициране и продължава със систематизиране. Но колкото обектите са по-малки, толкова индивидуалността им е по-незначителна до практическото ѝ изчезване при размери на микрочастиците. В мезосвета обаче още за отделния човек индивидуалността стига до практическа неповторимост, която е от ранга на неповторимостта на Слънчевата система и на възникването на живота върху Земята. И понеже неповторимостта на обектите се увеличава с увеличаване на техните размери и сложност, съвременната наука трябва да разработва все по-сигурни методи за все по-пълно изучаване на неповторимите обекти във Вселената, ако в крайна сметка наистина искаме да изучим и нея като възможния най-неповторим обект.

Друга непреодолима трудност за традиционното изследване на възникването на живота и особено на възникването на разума в нашата Вселена се заключава във факта, че поради “спецификата на проблема” той “едва ли може в обозрим промеждутък от време да бъде решен с научни, т.е. – преди всичко – с експериментални и наблюдателни методи”. В случая се предполага, че експерименталните и наблюдателните методи имат научна стойност само когато се прилагат пряко върху изследваното възникване. Така възникването на живота и на разума не се разглеждат в полагащата им се връзка с

еволюцията на Вселената като преломни нейни моменти, за изследване на която разполагаме с всичките си преки и непреки експериментални и наблюдателни методи.

От съвременна гледна точка три вида насочени изменения засягат по един или по друг начин цялата Вселена и затова образуват три взаимно свързани космични тенденции. От една страна еволюцията на материалната природа тотално увеличава хаоса. Това неповторимо изменение на нашата Вселена ще наричаме **симпоеволюция** (от $\sigma\upsilon\mu\tau\alpha\nu$ - вселена). От друга страна **биоеволюцията** локално увеличава организацията посредством циклични процеси в растенията и животните, които общо ще наричаме зонсове (от $\zeta\omega\nu\tau\alpha\nu\omicron\varsigma$ - живо същество). Поради своята локалност и насока вторичната зонсна тенденция противостои на първичната материална тенденция, с което придава на феномена Живот космически характер. И на последно място по ред, но не и по важност е **пневоеволюцията** (от $\nu\epsilon\upsilon\omicron\mu\alpha$ - дух), където локално съществуващото съзнание се връща към неограничената Вселена като се опира на себе си в своя ход към постигане на света. Благодарение на това самопротивостоене идеалната субстанция съзнание превръща своя обладател в Дух, който е третият космичен феномен – вж. най-общата схема на света, а също така и сайта *cfi.hit.bg* в Интернет, където в сектора “Глобални проблеми” е подробната разработка “Система на човешкото познание”.

НАЙ-ОБЩА СХЕМА НА СВЕТА

феномен	субстанция	тенденция
Вселена	материя	към тотално увеличаване на хаоса
Живот	зонсове	към локално увеличаване на организацията
Дух	съзнание	към постигане на света

По-конкретно, с развитието на Големия взрив нашата Вселена изстива, при което тя локално се структурира. Животът в нея възниква закономерно тогава и където при благоприятни условия увеличаващото се структуриране на материята стига до появяването на най-просто самовъзпроизвеждащи се зонсове. Но още в акта на най-елементарното самовъзпроизводство на зонса той увеличава своята организация и така застава срещу самоувеличаващия се хаос на материята. Затова възникването на живота във Вселената не е незначителна случайност, а представлява събитие с повратно значение за нейната понататъшна еволюция.

До още по-голяма безизходица и сериозен песимизъм стига Шкловски, когато разглежда неудържимото експанзивно развитие на разума несвързано с неговото отношение към еволюцията на Вселената. Много важна е констатацията, че “с настъпването на технологичната ера ... надареният с разум вид излиза от равновесие с биосферата и встъпва във фаза на взривна експанзия ...”, при което “разумът престава да бъде едно от средствата, осигуряващо оцеляването на вида ...” като “се превръща в могъщ самостоятелен фактор”. И точно тук, където явно проличава качествената несводимост на съзнаващата природа към живата природа, поради тясното разглеждане

на проблема Шкловски необосновано свежда човешкия разум само до едно от многото изобретения на “сляпата” природа по пътя на еволюцията на видовете в живата природа. А както е известно много други такива изобретения, макар и даващи големи предимства за развитието на съответния вид в началото на своето появяване, в крайна сметка довеждат вида до задънена улица като се хипертрофират.

Реални са всички заплахи по пътя на експанзивното развитие на съзнаващата природа, посочени от Шкловски и от много други автори. Вярно е, че то не може да бъде спряно, защото това противоречи на съзнанийната тенденция към постигане на света чрез неговото познаване и овладяване, която Шкловски не вижда. Както и сам признава, че не вижда критериите за “висше” и “низше” в еволюцията на живата природа, и още по-малко може да приеме, “че “човешката гледна точка” струва нещо в проблема за еволюцията и развитието на Вселената”.

Още Пиер Тейард дьо Шарден ясно показва, че степента на “мозьковизация” на видовете в еволюцията на живота върху Земята е надежден критерий за “висше” и “низше” в тази природа. А от най-общата схема на света следва, че човекът е тройствен възел на материалната, на живата и на съзнаващата природа в нашия трояко определен свят. Ако вчера сме разпалили огъня, а днес сме разцепили атома, утре ние искаме да разпалим нови слънца, а вдругиден – нови галактики! Иначе казано, с наличието си в този свят съзнаващата природа отключва източници на енергия, които материалната и живата природа сами не могат да освободят. По този начин еволюцията на Вселената се самоускорява. Затова разумът е перспективна насока в нейното саморазвитие. За големите черногледци ще добавя, че несъмнената връзка на съзнанийната космична тенденция с известните ни други две космични тенденции гарантира важна мисия на човечеството във Вселената. Заради нея има реална надежда то да надживее Земята, за да успее да направи по-големи бели в сравнение с белята да се самоунищожи върху една само прахолинка.

Що се отнася до факта “Мълчаща Вселена”, той е сигурно доказателство, че в близките ни галактики експандиращи цивилизации няма. Ако възникването им е сравнително често в сегашния етап на съзрялата за това Вселена, отсъствието им ще свидетелства за техния кратък живот, което представлява едно много сериозно предупреждение за бъдещето и на човешката цивилизация. А ако възникването им е много рядко, съвсем естествено е нашата цивилизация да е първата поне в познатата ни част на Вселената. Това второ обстоятелство ни задължава да внимаваме за перспективите на нашето развитие още повече.

Отпратка:

1. *Древнеиндийская философия*, Москва, 1963, с. 35.
2. Енгелс Ф., *Диалектика на природата*, София, 1950, с. 43.
3. Винер Н., *Я математик*, Москва, 1964, с. 311.

МЛАДИЯТ БЪЛГАРСКИ ФИЗИК ЧАВДАР ТОДОРОВ СТАНА НОСИТЕЛ НА ПРЕСТИЖНАТА НАГРАДА “МАКСУЕЛ” ЗА 2003 ГОДИНА

За да могат читателите сами да преценят за какво точно става дума, накратко ще разкажем за наградата и за нейния български лауреат, а така също ще включим лаконичното, но съдържателно съобщение за тази награда, поместено се в сп. *Physics World*.

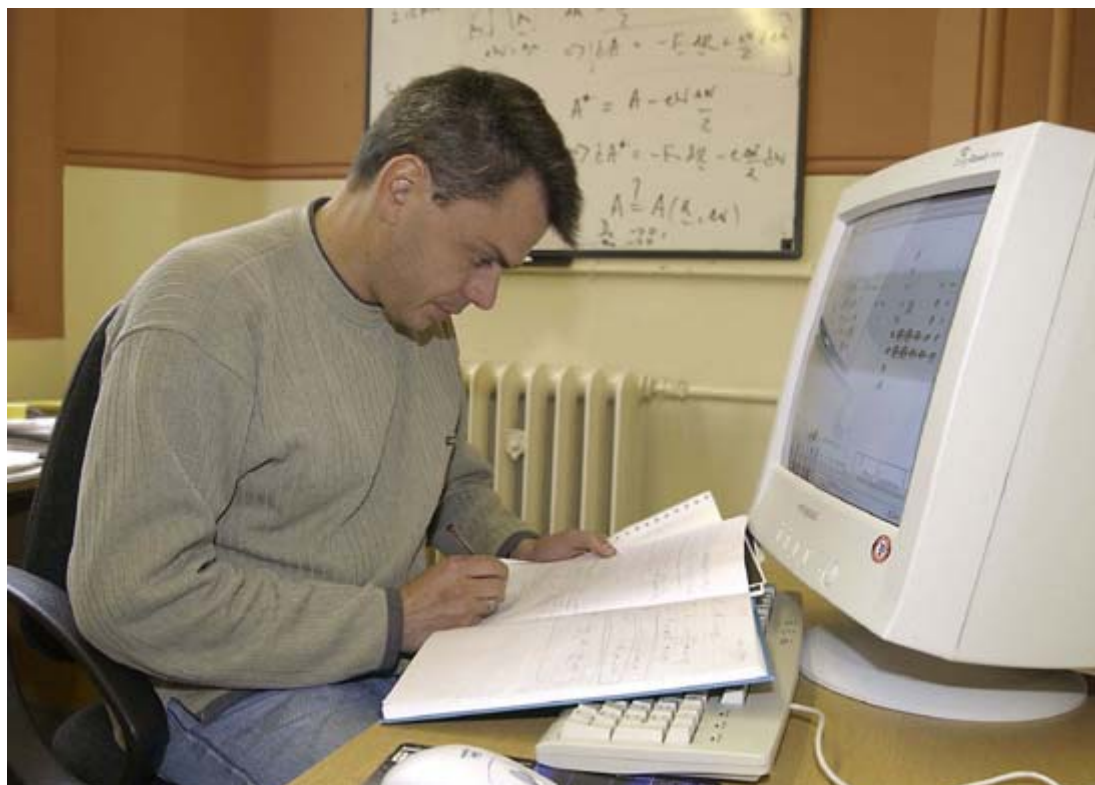
НАГРАДАТА

Точното ѝ название е *Maxwell medal and Prize*. Учредена е през 1961 г. от Institute of Physics, London, и за пръв път е връчена през 1962 г. Дава се за забележителни приноси в теоретичната физика, осъществени през десетте години, предшествващи награждаването. Като правило нейните носители могат да бъдат на възраст до 35 години в годината на награждаването.

Първоначално наградата е била давана през година, но от 1970 г. става ежегодна.

Престижността на една награда се определя от постиженията на наградените с нея. Ето имената на някои от тях:

Абдус Салам (първият награден през 1962 г.); Ричард Хенри Далиц (1966 г.); Дейвид Таулес (1973 г.); Антъни Легет (1975 г.); Стивън Хокинг (1976 г.); Майкъл Грийн (1987 г.).



НАГРАДЕНИЯТ

Чавдар Николов Тодоров е роден в София през 1968 г. в семейството на физици. През 1990 г. завършва колежа “Св. Катерина” в Оксфорд с награда за висок успех. През 1993 г. получава Ph.D. в същия колеж и е удостоен с наградата “Херингтън” на

Оксфорд за най-добро постижение на аспирант. През 1993 - 1999 г. работи като младши научен сътрудник в колежа "Св. Джон", Оксфорд. От 1999 г. работи и преподава в университета Queen's в Белфаст, където понастоящем е доцент по приложна математика и теоретична физика във факултета по математически и физически науки.

Насоките на изследователската му работа обхващат: теория и моделиране на електричен и топлинен пренос в наноструктури; електромеханични ефекти в наноструктури, нееластични електрон-фононни взаимодействия; смесени квантово-класически методи за динамично описание на неравновесни системи от взаимодействащи си електрони и ядра.

Изследванията на Чавдар Тодоров (в съавторство и сам), за които той е награден, са публикувани в 28 статии в списания като: *Journal of Physics: Condensed Matter*, *Physical Review Letters*, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, *Physical Review*, *Philosophical Magazine*, *Nature*. Всеки физик добре знае какво означава да публикуваш в тези списания.

ОЦЕНКАТА

(по материал на сп. *Physics World*, January 2003, p. 49)

Чавдар Тодоров от университета Queen's в Белфаст печели медала и наградата "Максуел" за теоретичните му изследвания на електронния пренос в проводници от атомни мащаби.

Изследванията на Чавдар Тодоров дадоха значителен тласък на изясняването на електропроводимостта през наномасштабни проводници като наножици, въглеродни нанотръби и молекули. Разработеният от него теоретичен формализъм беше приложен към реалистични модели от самия него и от други и доведе до нови интерпретации на експериментите и до предсказването на нови явления.

Още през втората година от аспирантурата си в Оксфордския университет Тодоров разви формализъм на разсейването, който той приложи към моделирането на проводимостта на метална жица, опъната до възникването на пукнатини, и заедно с научния си ръководител Ейдриън Сътън показа, че наблюдаваните скокове в проводимостта на жицата се дължат на механичните неустойчивости в изменящата се атомна структура на жицата. Отначало тази интерпретация беше предмет на горещи спорове, но последвалите експерименти я потвърдиха и сега тя е широко приета.

В последно време Тодоров насочи вниманието си към решаването на обратната задача, а именно по какъв начин електричният ток влияе върху атомния строеж на жицата. Тези изследвания на Тодоров представляват забележителен пробив в областта на нанотехнологията.

Честитим му, радваме се от сърце и му желаем здраве и нови успехи!

Подбор и превод: **М. Бушев**

Доц. АНТОНИЯ ПЕЕВА – ЖИВОТ, ОТДАДЕН НА ФИЗИКАТА

На 16 април т.г. доайенът и почетният член на Софийската физическа колегия доц. Антония Тодорова Пеева чества своя кръгъл юбилей. При честване на всяка годишнина в нас изплува шареният свят на спомените, които ни свързват с миналото и с юбиляра.

Доц. А. Пеева е мой преподавател по физични задачи от областта на оптиката във Физико-математическия факултет в началото на 50-те години на миналия век. Получените знания ми бяха особено полезни, когато започнах работа като физик в Оптикомеханичния завод, София, а по-късно – във ФИ с АНЕБ и ИФТТ на БАН. През 60-те и 70-те години се включих по-активно в живота на физическата общност в рамките на Дружеството на физиците в България. Това беше времето, когато се убедих, че доц. А. Пеева е не само учен и отличен преподавател, но и превъзходен организатор.

Неуморната дейност на доц. А. Пеева – една от близките сътруднички на световноизвестния учен проф. Ел. Карамихайлова – е свързана с научни изследвания в областта на атомната физика и газовите разряди, с дългогодишна преподавателска дейност в катедра “Обща физика” при ФМФ и ФФ на СУ, както и с организиране на обществения живот на физическата колегия, за което допринесоха и нейните художествени и музикални способности и интереси.



Акад. Любомир Кръстанов



Акад. Асен Дачев ⇨



Акад. Никола Обрешков



Проф. Ярослав Тъзвемлици

Рисунки на видни академични и университетски учени, правени от ас. А. Пеева по време на Факултетни съвети през 50-те години на 20-ти век.

Незабравими спомени остават срещите, организирани с нейно участие по време на Националната конференция по физика във Видин, разговорите в Габрово и Трявна между представители на Софийския и на Габровския клон на ДФБ и прекрасните преживявания от излети до Мелник, Панагюрище и Родопите (Чепеларе, Пампорово, Широка лъка). Много полезни и интересни бяха съвместните ни участия в Научната станция “Гьолечица”, изпълнени с професионални занимания и туристически изяви по

време на колоквиуми и отчети на Софийския клон на физиците. Изключителната енергия на доц. А. Пеева многократно ни даваше сила при провеждане на научни и организационни инициативи на Софийския клон на физиците и не случайно за определен период от време тя беше негов зам.-председател, когато председател беше проф. А. Раев с неговата незабравима крилата фраза “Поклон, поклон, Софийски клон!”. Доц. А. Пеева е член на Редколегията първо на Бюлетина на ДФБ, а сега на приемника му – превъзходното списание на СФБ “Светът на физиката”. Тя е член на организационните комитети на проведените над двадесет колоквиума (1978 - 2002 г.) за ролята на физиката за опазване на човека и околната му среда, участва в изготвянето на Юбилейния сборник на катедра “Обща физика” (1955 - 1985 г.), в организиране и провеждане на традиционните пролетни балове на физиците. За полаганите от нея изключителни грижи и усилия за подпомагане на децата-сираци от училище “Райна княгиня” в гр. Роман неслучайно колегите я наричат “Майка Тереза”. Чрез създадената и поддържана от нея картотека на физиците от София немалко млади колеги-физици успяха да си намерят подходяща реализация в научни звена на ВУЗ, СУ и БАН, както и в столични училища.

Друга нейна изключителна заслуга е, че в края на 90-те години стана инициатор и обединително звено при създаване на Софийския клуб на физиците, който и днес е уникална проява на физическата общност. Подобно колегиално сдружение на учени, университетски преподаватели и учители няма сред другите научни и хуманитарни гилдии в столицата.

Многостранната дейност, таланти и работоспособност на доц. А. Пеева бе оценена още при честване на нейната 70-та годишнина с въвеждане на нова величина за измерване на “*ентузиазма във физиката*”, носеща нейното име - *Nin*. Смятам, че от този юбилей тази величина трябва да има измерението - *Decanin*.

Животът на доц. А. Пеева е живот, отдаден на физиката, която допринася за просперитета на всяко общество и нейните научни и приложни постижения ни даряват с радост, за която Фридрих Шилер казва в своята ода:

*“Радостта е мощ огромна,
златен лост на вечността,
на световния часовник
колелцата движи тя.”*

Доц. А. Пеева достойно продължава каузата на проф. Е. Карамихайлова, която също “живя с науката, чрез науката и за науката”.

Бъди ни жива, здрава и все така неуморна още дълги години, доц. Пеева, за да изпитваш радостта от постигнатото. Нека твоето неуморно служене на физиката като наука и организация е пример за подражание на всички нас- твоите колеги физици!

Крум Коленцов

* * *

Всичко тече, всичко се изменя, само Нина – не!

... Освен всичко друго, тя е маята, без която “Светът на физиката” не може да бухне!

Редколегията на списанието се присъединява най-сърдечно към всички благопожелания на нейните ученици, студенти, сътрудници, колеги и поклонници!

Да ни е жива и здрава!

Редколегия на СФ

ЗА АТОМА – ОТ СЪРЦЕ

За моето поколение от студентските години физиката на атома бе една от най-привлекателните научни области, заради които много мои връстници кандидатстваха във Физическия факултет на СУ. Към спомена за онези години ме върна една нова книга на издателство “Лодос”, чието заглавие *“Сърцето на атома”* ми подсказа заглавието на този текст. Авторът на книгата ст.н.с. I ст. Петър Райчев едва ли се нуждае от специално представяне като признат специалист в атомния свят на физиката и отличен популяризатор на науката в учебниците и помощната литература, предназначена за учители и ученици. По-важното обаче е, че се възобновява една стара традиция за издаване на научно-популярни книги в областта на физиката – традиция, която бе позабравена през последните години – може би поради неблагоприятната пазарна конюнктура. За учителите по физика и най-добрите им ученици беше сериозен проблем да намерят подходящи заглавия с актуална и достъпна научна информация, с която да освежат учебните си часове или да задоволят любопитството си към постиженията във физиката. Затова книгата на Петър Райчев излиза тъкмо навреме и нейното съдържание дава основание горещо да я препоръчам на читателите.



Книгата излиза под рубриката *“Съвременна физика без формули”* и е първата от поредицата научно-популярни заглавия, с които издателството възнамерява да удовлетвори интереса на любознателните читатели, които през последните години страдаха от липсата на сериозна и увлекателна по съдържание научно-популярна литература. Тя е съобразена – както пише в предговора към нея самият автор – с математическите познания на “любознателните ученици и студентите от първите курсове на университетите”, което е важно като се има предвид, че атомната и ядрената физика са тясно свързани със сложния математически апарат и абстрактни физични представи на квантовата механика. Затова повечето от разглежданията в книгата са на описателно качествено равнище, което дава възможност и на читател без специална подготовка да вникне в тяхната същност и да почувства “ритъма на атомното сърце”. Това прави книгата интересна и достъпна за широк кръг читатели. Сред тях (не само авторът, но и аз) очакваме да бъдат например (и бъдещи) лекари и археолози, които използват методите на атомната физика за диагностика и лечение или за датиране на археологически находки.

Книгата е свързана с един съществен за цялото българско общество проблем – за бъдещето на ядрената енергетика, – за който на българското население се предлагаше референдум. Книгата безспорно ще помогне на жадния за знания читател да се ориентира в научната същност на проблема, та ако получи възможност в бъдеще да изразява своето становище по него – да не се води от евтини политически трикове, уговорки и обещания. Затова искам за се обърна към колегите-физици – прочетете я и я предложете на интелигентните си и образовани приятели от други специалности, а на хора, чието образование и подготовка не са достатъчни, за да вникнат в нея – се опитайте да обясните със свои думи що е ядрена енергетика и защо и как тя трябва да има почва у нас.

Людмил Вацкичев

Тази книга, **“Академик Ландау. Как мы жили. Воспоминания”**, на съпругата му Кора Ландау - Дробанцева, ми я даде колега, получена от друг, с уговорката да не я показвам на трети; аз я предадох на няколко души ... А по-късно, когато я намерих, ровейки между богатата езотерична литература по рафтовете в книжарниците на “Книгомания”, я дадох на още няколко колеги ... И всички ми я връщаха с повдигане на рамене, с недоумение, без да могат нито да отхвърлят, нито да преглътнат прочетеното. Ландау беше кумир за нашето поколение, различните томове на “Курс теоретической физике” бяха върхът на откровението и на нашите възможности. Наистина бяхме чували много клюки, анекдоти и разкази за странностите и поведенческите прояви на великия физик и неговото обкръжение, но все пак и демитологизацията има своите правила и граници ... А от друга страна – всяка крушка си има опашка, няма дим без огън, и безгрешен човек, па бил той и гений ... И затова сега препечатваме отзива на известния историк на руската (съветска) наука Геннадий Горелик (“Московские Новости”, № 1, 1170, 21-27.01.2003) – като шрих към портрета и илюстрация към разгорелите се страсти с всички допълнителни нюанси към проблема. Който иска да узнае повече, да потърси книгата. Не от мене ...

Н. Ахабабян

ИСТИНСКИЯТ ЛАНДАУ



За съжаление в последно време интересът към фигурата на Ландау се определя от скандалните спомени на законната му съпруга Кора Ландау - Дробанцева. Кой

познава човека по-добре от собствената му жена? Но знаменитият физик – сталински, ленински и Нобелов лауреат – не се подчиняваше много на неписаните правила на добрия тон. Правилата на своя живот той беше изработил сам. И не само защото беше гений в теоретичната физика.

Ландау беше много необикновен човек, съчетаващ дълбочина и майсторство на екстра класата в света на науката с черти на юноша в светските работи. Юноша честен, свободолюбив, понякога очарователен, друг път непоносим, нетърпящ неясноти в отношенията между хората. Най-нагледна проява на необикновеността на Ландау е точно това, колко неизвестен и неразбран е останал той за своята законна съпруга, което е убедително запечатано в нейната книга, написана след смъртта на мъжа ѝ през 1968 г. Всъщност това беше неговата втора – телесна, юридическа – смърт. Първата смърт се случи през януари 1962 г., когато удар на товарен камион по заледения път към Дубна прекъсна неговия път в науката, оставяйки му шест години мъки и безсмислено съществуване. Духовната смърт на Ландау през 1962 г. или неговата пълна духовна инвалидност беше очевидна за всички, които го познаваха по делата на неговия живот – науката. Той никога повече не се докосна до любимата си наука, никога не прояви вродената си стихия на мислене на физик-теоретик. Това ясно видяха неговите приятели и колеги. Но жена му беше толкова далеч от главното в неговият живот, че не разбра станалото – битовата вменяемост прие като завръщане към пълноценен живот. Кое то потвърждава колко нищожна част от живота на Ландау е била достъпна за жена му.

Ръкописът на законната съпруга на Ландау, Конкордия Терентиевна Дробанцева (1908 – 1984), която предпочиташе да бъде наричана Кора Ивановна, в следсъветско време, 15 години след нейната смърт, силно редактиран, беше издаден под заглавието “Как мы жили”. И в съветско време Конкордия Терентиевна не беше засекретила труда си – даваше го да се чете на много хора. Самата тя беше напълно съветски човек, член на КПСС, носителка на стандартните съветски схващания за това кое е хубаво и кое лошо, що е любов и какво е дружба, какво е здраво съветско семейство и какво е аморално. Както се вижда от книгата, такъв съветски човек тя виждаше и в своя гениален законен съпруг. Днес е напълно ясно, че тя се е заблуждавала.

Политическите възгледи на Ландау са надеждно фиксирани в документ на КГБ, съставен с помощта на подслушвателна специална техника:

“Нашата система, както аз я знам от 1937 г. насам, е напълно определено фашистка, такава си остана и тя не може така просто да се измени. Докато съществува тази система, да се хранят някакви надежди, че тя ще доведе до нещо що-годе прилично, е даже смешно. Нашите са фашисти от глава до пети. Те могат да бъдат повече или по-малко либерални, но идеите им ще си останат фашистки”.

Това е извадка от “Справка по материалите на акад. Ландау Л. Д.”, изпратена от КГБ в ЦК на КПСС през 1957 г. (и вече многократно публикувана).

През 1934 г., когато Ландау се запознава с бъдещата си жена, той действително се смята за истински съветски човек. Неговата позиция се изменя коренно през 37-а година, когато е разгромен Физическият институт в Харков, където по това време работи Ландау, неговото бягство в Москва, антисталински позив и арест.

Фактът, че живеейки много години заедно с Ландау, жена му не е забелязала силната промяна във възгледите му, говори само по себе си за тяхната близост. Тя е

гледала на живота на мъжа си ако не през ключалката, то през процеп на вратата. И не е чудно, че особено непонятни ѝ остават неговите приятели. Тя не жали никого от тях. Без уговорки приема само един деец на науката – А. В. Топчиев, образцов изпълнителен сталински чиновник, станал академик заради усилията му да постави и физиката на лисенковски релси по подобие на биологията. А своята ненавист безусловно прехвърля на най-близкия негов приятел и съавтор – Евгени Михайлович Лифшиц. Тук може да се допусне и известна доза ревност, тъй като Ландау отдаваше повече време на своите близки сътрудници, отколкото на жена си. Но своите чувства тя изразява в убийствено съветска форма. Нека си спомним, че за 30-те години, когато е подтиквала Ландау да влезе в партията, тя пише: “В онези далечни младежки комсомолски години аз бях твърдо убедена: вън от партията, вън от комсомола трябва да останат само дребни хорица като Женка Лифшиц, които са чужди на нашата идеология”.

Кое то е вярно – е вярно. На Евгений Лифшиц съветската идеология е била чужда още от юношеските му години. Причините са неясни, но той е бил такъв и когато навлиза в близкото обкръжение на Ландау през 30-те години, но последствията са значителни. Можем да си представим колко тежко му е било да понася просъветския ентузиазъм на своя обожаван учител през първите години на тяхното познанство. И колко му е станало по-леко, когато Ландау прави своето политическо откритие през 1937 г. За тяхното антисъветско единомислие знаеха – освен пазителите на реда от държавната безопасност – и техните най-близки приятели.

За Конкордия Терентиевна намерението на Ландау да постъпи в Комунистическата партия, изказано от него след клиничната му смърт, не е подсказвало нищо тревожно за състоянието му. Другояче са гледали на това неговите приятели. Те помнели съвсем другото отношение на Ландау към комунизма. През лятото на 1961 г. Евгени Лифшиц с жена си и Ландау с възлюбената си прекарват отпуска си на брега на Черно море, където се настаняват в частна квартира с “удобство” (тоалетна), разположено далеч в двора. Веднъж, връщайки се от това заведение, академик Ландау нарича тази пътечка “Път към комунизма” и обяснява: “Въздейства на всички органи на чувствата наведнаж”. Разбира се, не политиката е била главно съдържание в живота на Ландау и Лифшиц, а физиката. Тяхната дружба и научно сътрудничество е превъплътено в знаменития “Курс по теоретична физика”. Тези томове са преиздавани не веднъж на много езици и са обучавали няколко поколения физици на майсторство в професията. Този курс е наричан понякога накратко “Ландафшиц”, което напълно отразява незаменимостта на всеки един от авторите. Колкото и да са значителни научните приноси на Ландау и Лифшиц, влиянието върху развитието на науката на “Курса” ги превъзхожда. Ето и мнението на академик Виталий Лазаревич Гинзбург, ученик и съавтор на Ландау: “В наши дни изтъкнати теоретици по света има немалко, а “Курс по теоретична физика” на Ландау и Лифшиц е единствен. Ландау намери в лицето на Лифшиц не само достоен ученик и близък приятел, но бих казал и писател. Обикновено този термин не се употребява за автори на научни книги, но факт е, че писането на научни книги е много трудна работа. Сам Ландау, като физик от изключителен калибър, един от корифеите на теоретичната физика, не можеше да пише или във всеки случай така не обичаше тази дейност, че почти не пишеше и собствените си статии, да не говорим за книги. Обратно, Лифшиц умееше да пише ясно и изразително. Всичките 5300 страници на “Курса” са написани от ръката на Лифшиц и неговата роля при формирането на текста никога не е предизвиквало съмнение”.

Конкордия Терентиевна нямаше и най-малко понятие за всички тези научни проблеми и взаимоотношения. И тя използваше цялата сила на женската си логика, за да скара Ландау с най-близкия му приятел. Докато Ландау беше здрав, това не ѝ се удаваше. Когато той се превърна в безнадежден инвалид, тя преуспя в това отношение. Уви, както се оказа, комбинацията на страстна женска логика с закоравели лъжливи действия на някои мъже. Аз лично познавах Кора, а добре познаващите хората на науката, известният журналист Ярослав Голованов (за когото тя се отзовава положително) смята, че "книгата е написана от болна и истерична жена". С това е съгласна и Мая Бесараб, племенница на Кора и автор на биография на Ландау.

Що се отнася до Евгений Михайлович Лифшиц, обичта си към своя учител и приятел той запази през целия си живот. Това чувство се изразяваше преди всичко в грижите му за научното наследство на Ландау. И в историята на физиката имената на Ландау и Лифшиц ще останат съединени завинаги.

Генадий Горелик

ЗИМНИЯТ СЕМИНАР ПРОДЪЛЖАВА ...

Когато една идея се възприема като полезна от много хора, хора на различна възраст, и от различни инстанции, нейното реализиране се превръща в истинска хармония. А идеята е простичка. Тя произтича от факта, че грижата за нашите млади колеги е наш непрекъснат приоритет. Преди около шест години ръководството на Софийския клон на СФБ обмисляше как да привлече в своята дейност нашите най-млади колеги – студенти, докторанти, млади научни работници, как да спомогне за тяхната по-ефективна подготовка, за тяхното по-бързо израстване като специалисти, за тяхното успешно интегриране в международната физическа общност. Тогава предложих, като първа крачка, да организираме за докторантите и младите (до 35 год.) научни работници от физическите институти на БАН на територията на 8^{-ми} км (ИФТТ, ИИЯЕ, ИА, ИЕ, НИХМ и ЦЛСЕНЕИ) ежегоден тридневен семинар с многокомпонентна цел, а именно:

- Младите колеги да се тренират да докладват и дискутират върху своята тематика;
- Да бъдат информирани за изследванията (теми, методи, апаратура, резултати, проблеми) на колегите им от съседните физически институти;
- Да разширят общата си култура като физици, изслушвайки общообразователни лекции от наши изтъкнати учени по разнообразни актуални теми;
- Да получат информация за дейността на СФБ и възможностите и привилегиите, които членството в него им дава за участие в различни научни мероприятия и др.;
- Да споделят своите проблеми с представителите на ръководството на БАН и ИФТТ и да получат разностранна информация за свързаните с тях дейности;
- Да се запознаят и сприятелят, за да могат да си помагат, когато имат необходимост;
- (На последно място, но не и по значение!) В самия край на годината да подишат чист планински въздух, да направят екскурзия и малко да починат – дейности, важни за здравето им.

Всички, с които споделих тази идея, веднага я одобриха. Най-напред тя беше приветствана от ръководството на Софийския клон на СФБ и неговия председател по онова време – проф. А. Попов, от ръководството на БАН, представено от Ректора на Ректората за обучение на докторанти при БАН – проф. В. Шкодров и от Председателя на Експертния съвет за младите учени при БАН – проф. К. Минков. Идеята веднага беше одобрена и от ръководството на ИФТТ и Директора му през онези години - проф. Н. Киров. С удоволствие си спомням радостта на младите колеги, когато за първи път повдигнах идеята за обсъждане с тях и за ентузиазма на първите преки организатори: н.с. I ст., д-р В. Михайлов, н.с. II ст. А. Иванова, н.с. II ст., д-р В. Генчева, М. Николаева, н.с. II ст. К. Димитров и инж. Л. Цветкова. Решихме да провеждаме семинара в края на седмицата след студентския празник, защото, независимо че участниците вече са преминали студентските си години, по дух те все още са близо до тях. Речено – сторено. Ръководството на БАН ни предостави безплатно за 3 дни станцията на БАН на “Златни мостове” – Витоша, ръководството на Софийския клон на СФБ ни отпусна малко средства за да отпечатаме книжката с резюметата на докладите, ИФТТ ни снабди с необходимата техника и като се прибави желанието и ентузиазма на младежите – Зимният семинар пое своя път. И ето че през декември 2002 г. беше успешно проведен вече петият по ред. Тук трябва да бъде отбелязано, че следващото ръководство на Софийския клон на СФБ с председател проф. Л. Вацкичев продължи да подкрепя от сърце организирането на семинара. Благодарение на факта, че целите на семинара съвпадаха напълно с една от важните задачи на ръководството на ИФТТ – грижата за докторантите, директорът на ИФТТ проф. А. Петров и зам.-директорите ст.н.с. II ст. д-р В. Ловчинов (отговарящ за докторантите) и ст.н.с. II ст. д-р С. Андреев,

заедно с целия научен съвет, подкрепяха особено активно с лично участие, техника и малко финансова помощ организирането на семинара. Пълна подкрепа и висока оценка получиха всички издания на семинара и от ръководството на БАН – от неговия председател акад. И. Юхновски, от зам.-председателя проф. Н. Съботинов и от главния научен секретар проф. Н. Якимов.

В Петия зимен семинар участваха с доклади 31 младежи, от които половината - докторанти, а останалите - дипломанти, съвсем наскоро завършили висшето си образование физици, току-що получили степента “доктор” и млади учени - доктори и вече научни сътрудници от споменатите институти. Участниците във всички проведени до сега семинари са около 150. Обикновено на нашите семинари поканваме и няколко гости – също младежи, работещи в близки до физиката области, но от други институти на БАН (ЦЛАФОП, ИОНХ), ФФ на СУ и ТУ. В този семинар взе участие и една ученичка от столична гимназия с подчертан интерес в областта на астрономията. В подготовката и провеждането на Петия зимен семинар активно се включиха младите колеги н.с. II ст. д-р К. Темелков и редовните докторанти Е. Борисова и П. Захариев, а по време на семинара всички участници, чувствайки се като истински домакини, сами се грижеха за различните дейности, свързани с неговото протичане.

Въпреки много по-ниската възраст на участниците в сравнение с предишните семинари, със задоволство бих желала да отбележа много голямото старание, с което те бяха подготвили своите доклади, задълбочените познания в конкретните области и голямата активност и интерес, които проявяваха особено по време на дискусиите. Човек трябва да види светналите очи на младежите, попиващи всичко ново, треперещите гласове на най-младите, докладващи за първи път в живота си, а дискусиите ..., трудно могат да се опишат дискусиите в “кулоарите” на станцията - стълби, коридори, кухня и мазета. Разнообразните теми на докладите представляваха една широка и пъстра картина от актуални изследвания - като се започне от дълбините на атомното ядро, мине се през атома, молекулите, всички агрегатни състояния на материята и се полети чак до звездите и далечните галактики. С удоволствие констатирам, че младите колеги, които докладваха плахо на предишните зимни семинари, сега се представиха като завършени специалисти в своята област. Искам силно да подчертая големия ефект върху докторантите от впечатленията, които младият ни колега н.с. I ст. д-р Николай Минков от ИЯИЯЕ сподели за наскоро приключилата си специализация в Япония. Той стана един хубав пример за възможностите, които и останалите млади учени и докторанти биха могли да реализират, ако сериозно работят и имат по-високи стремежи.

След като проф. В. Шкодров поздрави участниците, бяха изнесени следните образователни лекции. Проф. К. Минков изнесе лекция на тема “Философски аспекти на неортогонализма в природата и машините”, която очевидно приятно размърда (и размъти) мозъците на младите хора. Ст.н.с. II ст. д-р А. Ваврек запозна младежите с историята на физиката в България, видните физици и по-големите постижения. Младежите изслушаха тази лекция с широко отворени очи и вълнение и няма никакво съмнение за голямото ѝ възпитателно и патриотично значение. Като се има предвид, че почти половината от участниците работят в областта на кондензираната материя, лекцията на ст.н.с. I ст. д-р Д. Узунов на тема “Актуални въпроси на теорията на кондензираните среди” се оказа особено интересна и полезна и предизвика много голям интерес. Представителят на ръководството на ИФТТ - ст.н.с. II ст. д-р В. Ловчинов - информира докторантите за предстоящи срещи във връзка с членството им в международни научни организации. Участниците бяха запознати от мен за дейността на СФБ и възможностите, които той предоставя, за финансиране на участието им в различни научни мероприятия. Разказах им за разнообразната полезна и приятна

дейност на Софийския клон, както и за списанието *“Светът на физиката”*. Планът за работа на Софийския клон на СФБ, както винаги, беше отпечатан в книжката с резюметата. Хубаво е да припомним и по-важните лекции, изнесени на предишните семинари: проф. В. Шкодров – “Жаргонът в науката” и “Научната етика”, проф. А. Петров – “Физиката и живата материя”, проф. В. Ковачев – “Постижения на японската наука в областта на високотемпературната свръхпроводимост”, придружена с хубав филм, експерт Р. Янева – “Нови постановки в авторското и патентното право”, доц. Стоянова – “Програма на Европейския съюз за информационното общество”.

Няма никакво съмнение, че цялата тази информация беше много полезна за докторантите, но според мен още по-полезно беше самото топло, човешко, сърдечно отношение на гостите на семинара към младите хора, техните полезни съвети и окуражителни напътствия.

И на настоящия семинар беше поканена българистката г-ца Вера Бебова – стар приятел на участниците от предишните семинари. На третия зимен семинар тя проведе един прекрасен едnodневен мини-курс по българска граматика, а на следващите семинари – граматични тестове, редактиране на специализирани текстове и персонално обсъждане на допусканите правоговорни грешки. Тя е млад човек, на годините на участниците, но отличен професионалист и педагог, така че заниманията ѝ бяха не само много полезни за тях, но и им доставяха голяма радост. Смятам, че нейното участие и този път беше извънредно полезно за младите ни колеги.

Пак във връзка с повдигане нивото на използване на българския език, на третия зимен семинар беше проведена среща с актрисата доц. И. Бенчева – преподавател в катедра “Слово” на Театралната и филмова академия, на която тя изнесе лекция за правилното използване на словото при публични изяви (доклади, дискусии и др.). Големият професионализъм и много ефектно изнесената лекция направиха тази среща не само много полезна, но и много вълнуваща (след приключването ѝ трябваше да мине доста време, докато се пристрашихме да си отворим устите и да заговорим отново).

В рамките на третия зимен семинар, благодарение на любезното съдействие на Асоциацията на завършилите Токайския университет в София, беше проведена двудневна среща с представители на Японското посолство, на МОН, на ръководствата на БАН, на ИФТТ и на Софийския клон на СФБ. На тази среща беше дадена много полезна информация за възможностите за различни видове научни контакти с институтите и университетите в Япония. В резултат на тази информация, младият колега д-р Х. Ангелов от ИИИЯЕ замина на продължителна специализация в Япония.

Последният ден на семинара завършва обикновено с екскурзия в планината. Както винаги участниците – метеоролози, освен интересни доклади, се бяха погрижили и за истински хубаво зимно време – много сняг, чист въздух и красота като в приказка.

Радостно е да заключим, че зимният семинар върви, изпълнява целите си и носи едновременно голяма полза и радост на нашите млади колеги. Много от тях може би (и даже е много вероятно) скоро ще заминат далече, но нека винаги, където и да са, да си спомнят, че тук са били обичани. За тази обич благодарност заслужават всички, които по различни начини подкрепиха организирането на този семинар.

Ренна Дюлгерова

**Ст.н.с. I ст. д-р ЙОРДАНКА ХРИСТОВА ПАЧЕВА
(1919 - 2003)**

Йорданка Пачева е родена на 5 януари 1919 г. в с. Караисен, Търновска област. Завършва Физико-математическия факултет на Софийския университет през 1942 г. Била е учителка от 1942 г. до 1945 г. От 1947 г. до 1951 г. работи в Дирекция за геоложки пручвания. Следва редовна аспирантура във Физическия факултет на Ленинградския държавен университет. До 1961 г. е главен асистент във Физическия факултет на СУ. От 1961 г. е научен сътрудник в Института по физика с АНЕБ на БАН. Работи в секция “Спектроскопия”, където през 1963 г. е хабилитирана за ст.н.с. II ст. От 1963 г. до 1968 г. е научен секретар на Института. От 1973 г. до пенсионирането си през 1988 г. ръководи проблемна група по Атомна спектроскопия към ИФТТ. През 1983 г. е избрана за ст.н.с. I ст.

Научната дейност на Йорданка Пачева е свързана с физиката на атома, нискотемпературната плазма и газовите лазери. Изследванията на физиката на атомната обвивка, плазмата на разряда с кух катод и неговите приложения за аналитични цели, лазерите с кух катод, които бяха започнати от Й. Пачева, се развиват успешно и сега в лабораторията по Атомна спектроскопия на ИФТТ. По тази тематика бяха защитени редица дисертационни работи.

Йорданка Пачева развиваше широка научно-организационна работа. Тя беше член на ръководството на Комисията по спектроскопия и организатор на Националните конференции по атомна спектроскопия с международно участие. Тези конференции изиграха съществена роля за установяването на контакти с научните центрове от европейските страни.

За заслуги в развитието на науката Й. Пачева беше удостоена с медал “Марин Дринов”, орден “Кирил и Методи” и др. Във връзка с 30-годишния юбилей на ИФТТ Й. Пачева беше удостоена с Почетния знак на ИФТТ.

Със смъртта на ст.н.с. II ст. Йорданка Пачева научната общност на Института по физика на твърдото тяло загуби ценен учен и незабравим колега.

ДЕМОНЪТ В ЕТЕРА:
ЖИВОТЪТ НА ДЖЕЙМС КЛАРК МАКСУЕЛ
Мартин Голдман
Част II
Из Глава 10



Първият сериозен опит да се приложи идеята за атомни стълкновения към материалните тела е направен от Даниел Бернули, според когото газът може да се разглежда като съставен от молекули и налягането на газа представлява удари на молекулите върху стените на съда. Към средата на 19 в. много физици, между които Джаул, Крьоних и Клаузиус възприемат идеята на Бернули и се опитват да я превъплътят в математическа теория.

Максуел започва да се интересува от тези въпроси, след като се запознава с някои от статиите на Клаузиус, преведени през 1859 г. във *Philosophical Magazine*. В тях основното постижение е обяснението на газовата дифузия. Теоретически е показано, че налягането в газа е пропорционално на средноквадратичната скорост на молекулите. Но, за да има съответствие между теорията и експеримента, скоростта на молекулите трябва да е извънредно голяма - от порядъка на няколкостотин метра за секунда.

Тогава защо при отварянето на бутилка с летлив, остро миришещ химикал неговите молекули не стигат почти веднага до ноздрите на наблюдател в другия край на стаята?

В действителност молекулите доста бавно дифундират през стаята, когато в нея няма течение. Клаузиус обяснява това с молекулните удари: молекулите не прелитат направо през стаята, а по пътя си се сблъскват с много други молекули. Те наистина се движат бързо, но при тези удари непрекъснато се отклоняват в различни посоки. За да стигне от бутилката до носа, молекулата трябва да извърви многократно по-дълъг път от правата линия, а за това е нужно по-дълго време. Самият Максвел обяснява положението така:

Ако изминавам 17 мили за минута, но променям посоката на движението си 1 700 000 000 пъти за секунда, къде ще се окажа след един час?

В трудовете си Клаузиус прави предположението, че при произволна температура всички молекули имат една и съща скорост. Максвел веднага разбира, че това не е така. Даже ако всички молекули започват да се движат така, ударите между тях неминуемо стават причина някои да се забавят, а други да се ускорят.

Но тук той трябвало за начало да преодолее едно препятствие от философски характер. Шотландските учени смятали, че атомите като хипотетични обекти може и да са полезни за обясняването на някои явления, но тъй като не могат да се наблюдават, трябва да бъдем много предпазливи, когато казваме, че те наистина съществуват; така може да се говори за съществуването също на френология, флогистон и етер.

Максуел споделя тези съмнения: може да е интересно установени закони да се изведат по прост начин от общите свойства на даден математически модел, но той предлага обяснение на това как са разпределени скоростите на молекулите в газа. Неверието в съществуването на молекулите може за момент да се забрави. В края на май 1859 г. Максвел пише на Стоукс:

Не знам до каква степен подобни спекулации могат да се окажат в съгласие с фактите, но даже ако те не се съгласуват, трябва да се знае, че теорията на Клаузиус е грешна, доколкото аз изведох законите за движенията на частици, изпитващи взаимни удари. Смяташ ли, че съществува толкова изчерпателно опровержение на теорията на газовете, че да е невъзможно по-нататъшното ѝ развитие, с цел да бъдат разкрити аргументи за измерването на строго "молекулни" величини, преди да сме се уверили дали изобщо съществуват молекули?

В действителност Максвел вече е намерил идеалния изход от тази дилема. Дотогава молекулната теория просто е изразявала стари закони на нов език, докато Максвел открива ново и съвсем неочаквано предсказание. То се поддава на проверка и затова, ако експериментът го потвърди, молекулната теория би трябвало най-малкото да се възприеме насериозно.

В писмото до Стоукс се формулира предсказанието, според което вискозитетът на газа не зависи от неговото налягане. Когато тяло се движи в газова среда, молекулите отпред го удрят по-силно, така че то губи импулс. Този ефект на триене на газа представлява неговия вискозитет. Съвсем естествено е да предполагаме, че колкото по-плътен е газът, толкова по-трудно ще е движението през него, т.е. по-голям ще е ефектът на вискозитета. Но ако заедно с плътността на газа расте броят на ударите газ-тяло, то по същия начин се увеличава и интензитетът на ударите между газовите молекули, поради което намалява скоростта, с която атомите отскачат от тялото, т.е. те отнемат от тялото по-малък импулс. Увеличението в броя на ударите газ-тяло точно се компенсира от увеличението на междумолекулните удари, поради което триенето остава постоянно.

Това е удивително предсказание: то е изненадващо, може да се провери почти непосредствено, а заедно с това не е чувствително към фините детайли на молекулната теория. Окураженият Максвел през септември 1859 г. изнася пред Британската асоциация за развитие на науката (БАРН) в Абърдийн обзорна лекция върху изследванията си по теория на газовете, а на следващата година публикува резултатите си във *Philosophical Magazine*. Колкото и важна да е сама по себе си формулата за вискозитета, истински значителният резултат е в предсказанието, че скоростите на молекулите *не са* еднакви, както е смятал Клаузиус, а са разпределени по особен начин, станал оттогава известен като разпределение на Максвел. Но също оттогава и самата аргументация на Максвел не престава да слисва физиците.

Максвел казва: нека разпределението на скоростите в посоката X се описва от функцията f , така че броят на молекулите със скорост x е $f(x)$. Но това разпределение според Максвел не може да влияе върху разпределението на скоростите по Y , което трябва да има същия вид, така че ще имаме множител $f(y)$ и още един $f(z)$. Но осите X , Y и Z са избрани произволно, така че броят на молекулите с компоненти на скоростта x , y

и z могат да зависят само от пълната скорост $v = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$. Следователно

$f(x)f(y)f(z) = \phi(\sqrt{x^2 + y^2 + z^2})$. Решението на това уравнение е $f(x) = C \exp(-\alpha x^2)$. И това, с подходящ нормиращ фактор, дава разпределението на Максвел.

Нека да обсъдим това разсъждение. Прави се предположението, че разпределението във взаимно перпендикулярни посоки трябва да е независимо. Защо? Заслужава си поне да обсъдим възможността, че, да речем, при много голяма скорост u скоростите x и z едва ли ще са едновременно големи

Обаче още по-удивителен е начинът, по който е изведена формулата. Предполага се, че тя представя разпределението на скоростите, в което газът се установява, без да е от значение от какво начално състояние е започнал – достатъчно е молекулите да имат възможност да се сблъскват. Но формулата не посочва никакви удари между молекулите. Функционалната зависимост е просто отгатната. Аргументите на Максвел не изглеждат да съдържат каквато и да било физика. В действителност разсъждението на Максвел формално е почти тъждествено на това, с което Джон Хършъл през 1850 г. извежда закона за грешките в статистиката: начина, по който случайността разсейва резултатите около една средна стойност. Вероятно Максвел си е спомнил за този извод на Хършъл, защото в писмо до Стоукс заявява:

Разбира се, моите частици изобщо не са с еднакви скорости, а скоростите им са разпределени по същата формула, която описва разпределението на грешките в теорията на най-малките квадрати.

Никога няма да узнаем кое първо му е дошло на ума – изводът или резултатът; но можем да вярваме, че по-скоро е било второто.

Статията на Максвел във *Phil. Mag.* се състои от три части и съдържа огромен брой резултати. С помощта на своя закон за дифузията той извежда формули за т.нар. транспортни явления: дифузията, т.е. начина, по който молекулите, блъскайки се взаимно, пренасят миризмата; вискозитета, т.е. начина, по който те предават импулси, и накрая топлопроводността, т.е. начина, по който молекулите пренасят кинетична енергия. Трите явления са тясно свързани.

Максвел прилага своите формули към различни пробни случаи. За да докаже експериментално, че вискозитетът не зависи от налягането, той започва да конструира апаратура, но междувременно се премества в Лондон, там подготвя лекционни курсове, занимава се с комитета на БАРН, така че е готов едва към 1865 г. Апаратурата, която

сега се пази в Кавендишката лаборатория, е направо героично постижение. Стъклени дискове на въртяща се ос са вмъкнати между неподвижни стъклени дискове: триенето на газа между неподвижните и въртящите се дискове дава мярка за вискозитета.

Към края на учебната 1865 г. Максвел завършва експериментите си в Лондон и през ваканцията взема данните в Шотландия, за да ги обработи. Там се оказва, че е забравил логаритмичните си таблици, пресмята всичко на ръка, но накрая резултатите напълно потвърждават предсказанието му: за широк интервал от налягания вискозитетът наистина е постоянен.

Обаче зависимостта на вискозитета от температурата му донася голяма изненада. В писмо до физика от Глазгоу Томас Греъм, който по примера на Нютон по това време е Управител на Монетния двор, Максвел казва:

Триенето е едно и също за всички налягания, но расте с температурата - очевидно в същата пропорция, в която въздухът се разширява. Аз очаквах да бъде пропорционално на квадратния корен от абсолютната температура, но мисля, че греша. Резултатите са в съгласие с твоите предсказания.

Моделът на билиардните топки дава ясното предсказание, че също както не зависи от налягането, вискозитетът трябва да расте както квадратния корен от абсолютната температура, но Максвел установява, че отношението на вискозитета при най-високата температура, която той успява да достигне (85°C), към този при най-ниската ($10,5^{\circ}\text{C}$; при никой от експериментите не е използван лед) дава стойността 1,2624. А отношението на абсолютните температури е 1,2605. Близостта на тези две числа го кара да вярва, че вискозитетът е пропорционален на абсолютната температура - резултат, който след съвземането от първата изненада се оказва в много добро съответствие с неговата интуитивна лична философия на науката.

Простотата на другите познати закони за газовете ни дава основание да заключим, че вискозитетът действително е пропорционален на температурата, измерена от абсолютната температурна нула на въздушния термометър.

За Максвел простотата е важен физически критерий: Бог трябва да е създал света така, че той да може да бъде разбран като рационален и симетричен. Един рационален Бог очевидно би създал природа с линейни закони; по-късно Максвел ще провери в Кеймбридж линейността на закона на Ом и ще я потвърди с точност до 10^{-12} . Той вече знае, че законът на Бойл, законът на Шарл и всички други закони за газовете са линейни съотношения и затова е убеден, че законът за вискозитета също трябва да е такъв. В действителност той греша и по-късно признава в следваща статия, че според по-точни експерименти законът за вискозитета съвсем не е линеен.

По-късно апаратурата на Максвел е пренесена в Кеймбридж и експериментът му е повторен. Бива установено, че получените от Максвел стойности за вискозитетите са завишени поради неверни стойности за радиуса на въртящите се дискове. Самият Томсън не е знаел това, когато е рецензирал статията пред Кралското общество. Той бил много силно впечатлен от нея и смятал, че експериментите са от национално значение и че Кралското общество би трябвало да основе лаборатория (началото на Националната физическа лаборатория?), в която експериментите да бъдат повторени, а лабораторията да се ръководи от Максвел.

Много важно е различието в съдбите на двете предсказания на Максвел относно вискозитета. Той е намерил добро и просто физическо обяснение на независимостта на вискозитета от налягането, като това обяснение е валидно за всеки молекулен модел на

газовете. Било е извънредно важно опитът да потвърди този резултат и така става. Твърде различно е обаче предсказанието за зависимост от квадратния корен на температурата; не е имало общо съображение защо трябва да е така. Това е специфично свойство на използвания от Максвел модел на билиардните топки. Когато експериментът показва, че резултатът е неверен, това просто означава, че билиардният модел не работи и е нужен друг подход.

Сега Максвел прави видимо изненадващата стъпка да търси различни форми на закони за междумолекулните сили. В изследванията му по електромагнетизма един от главните му ръководни принципи е отхвърлянето на действието на разстояние, при което гравитационното и електричното действие прескачат през вакуума до отдалечени тела по обратноквадратичен закон, като механизмът на силата остава напълно загадъчен. Максвел обичал да представи математическите си изрази в някаква физическа картина на силата, да намери физически механизъм или среда, през която да се пренася силата.

Затова неговият модел на билиардните топки по този критерий би бил идеален механичен модел, в който има само пряко механично взаимодействие и не се предполага никакво действие на разстояние. Но възраженията срещу преките контактни сили са толкова силни, колкото са тези срещу действието на разстояние. Ако две *твърди* частици се сблъскват, те трябва мигновено да изменят посоките на движението си, което предполага, че за безкрайно малко време действа безкрайно голяма сила, което е абсурдно. Следователно частиците не могат да бъдат твърди, те трябва да имат някаква структура и да са съставени от по-малки части, а те по същите съображения също не могат да са идеално твърди сфери. За да сложи край на тази безкрайна регресия, Роджър Бошкович, сръбски йезуит, приема, че основните съставни частици на телата нямат размери, те са истински точкови частици, които притежават маса и създават силово поле около себе си. Контактните сили са отхвърлени и действието на разстояние е възстановено – само че за разстояния 10^{-8} cm, т.е. за атомни размери.

Именно към такива закони за силата се обръща Максвел в своята знаменита статия от 1866 г., за да обясни влиянието на температурата върху вискозитета. Ударите между билиардни топки вече не работят и Максвел трябва да опита нещо друго. По този повод той казва: “да приемем, че молекулите се удрят със сила, пропорционална на r^{-n} и да видим какво ще стане. В статията си от 1860 г. той подчертава, че моделът на билиардните топки е еквивалентен на много силно близкодействащо отблъскване (т.е. n в закона за силата е много голямо). Сега вече това не върви, така че трябва да се опитат други стойности за n .

При челен удар на две молекули, представени като билиардни топки, двете отскачат по еднакъв начин; същото става и при кой да е друг закон за отблъскване, макар че те вече не се допират. При страничен удар обаче ефектите вече не са еднакви за различни стойности на n . Билиардните топки просто се разминават, без да взаимодействат, докато отблъскващите се молекули продължават да си взаимодействат. Големината на тяхното взаимно отклонение ще зависи от техните относителни скорости, защото колкото по-бързо се движат, толкова по-кратко време ще действат силите и затова отклонението ще е по-малко. От друга страна, колкото по-бързо се движат, толкова повече ще бъдат техните удари за единица време. Така че, изобщо казано, ефектите на силата са твърде сложно преплетени с тези на разпределението по скорости.

Обаче за един определен закон за силата нещата се опростяват извънредно много. За $n = 5$ отблъскването е обратнопропорционално на петата степен, увеличаването на броя на ударите със скоростта *точно* се уравновесява с намалението на отклонението при ударите, а относителната скорост на молекулите отпада напълно от уравненията,

така че те вече могат да бъдат решени. Максвел прави това, пресмята вискозитета и получава, че той зависи линейно от температурата. Но не продължава по-нататък.

Максвел вероятно е видял в този резултат още едно потвърждение на простотата и на благосклонността на Бог към физиците. В действителност той е сгрешил. Случайното съкращение на скоростта е вярно само за двучастични удари. Едновременният удар на три или повече молекули трябва също да се вземе под внимание, а тези многочастични удари разрушават простотата на неговия резултат за вискозитета. Все пак за относително ниските налягания, от които се е интересувал Максвел, тези членове от по-висок порядък имат много малък принос.

Максвел прилага своя нов модел, за да преизчисли уравненията от предишната си статия за транспортните явления и да реши тези уравнения за редица идеализирани случаи. Той обаче не обсъжда отношението на специфичните топлини. Ако билиардният модел, даващ за това отношение стойността 1,333, “прекатури теорията”, тогава моделът за “точковите” молекули трябва да даде 1,666, което е даже по-лошо и Томсън в доклада си за статията силно подчертава това, а самият Максвел го приема. Когато се пренебрегва физическият контакт между молекулите, няма начин те да обменят кинетична и ротационна енергия, така че ротационната компонента на енергията трябва да бъде “изключена” от γ . Максвел е знаел още от самото начало, че моделът му ще бъде непълен.

Той също преразглежда формулата за разпределението по скорости, като посочва, че допускането за взаимна независимост на скоростите в трите перпендикулярни направления “може да се окаже рисковано”. Този път той разглежда действителни удари, но от това изводът не изглежда по-малко магически. Приема, че съществува някакво разпределение на скоростите $f(v)$. Тогава броят на ударите между молекулите, движещи се със скорости v_1 и v_2 , трябва да зависи от $f(v_1)f(v_2)$. Нека техните скорости след удара да бъдат v_1' и v_2' .

А сега да разгледаме удар между 2 молекули, чиито *начални* скорости са v_1' и v_2' , така че зависимостта ще е от $f(v_1')f(v_2')$. При равновесие броят на молекулите, преминаващи от v_1v_2 към $v_1'v_2'$, ще бъде точно равен на преминаващите в обратна посока, така че $f(v_1)f(v_2) = f(v_1')f(v_2')$. Но за процеса на преминаване от v_1v_2 към $v_1'v_2'$ има допълнително ограничение, а именно запазването на кинетичната енергия, т.е. $1/2mv_1^2 + 1/2mv_2^2 = 1/2m(v_1')^2 + 1/2m(v_2')^2$. Взети заедно тези две уравнения отново дават $f = N\exp(-\alpha v^2)$, но едва ли някой, който е изпитвал съмнения относно първия извод, би променил мнението си след запознаване с втория.

Възможно е по онова време дори самият Максвел да не е осъзнавал докрай мястото и значението на закона за разпределението. Един от проблемите, които той разглежда в първия вариант на статията, е зависимостта на температурата от височината в една вертикална газова колона. Той откровено признава в окончателния вариант на статията, че първият му опит да реши този проблем се оказва грешен поради досадна математическа грешка и е довел до решение, при което температурата пада така бързо с височината, че колоната става неустойчива – възникват непрестанни въздушни потоци. Максвел пише за това в частно писмо до Томсън и споделя с него тревогата си по този повод. Като рецензент на статията в доклада си пред Кралското общество Томсън посочва, че това също го е разтревожило, а и не би могло да бъде другояче, тъй като газовата колона би могла да наруши както първия така и втория закон на термодинамиката, за чието установяване Томсън е направил толкова много.

Максвел открива грешка в изчислението си и дава подобро решение, според което температурата сега расте с височината. То поне е механично устойчиво. Анализът обаче показва, че това решение също нарушава втория закон, а проверката показала, че този път Максвел е направил проста аритметична грешка. Окончателният

резултат бил, че температурата не зависи от гравитацията и вторият закон остава непокътнат.

От тази малка академична комедия възникват редица любопитни подробности. Най-напред Максвел предлага за печат статия, която застрашава втория закон на термодинамиката, но Томсън не бърза категорично да я отхвърли. Днес никой не би се отнесъл така снизходително към подобна статия. От друга страна, когато статията най-после е поправена, се оказва, че съгласието с втория закон зависи твърде непосредствено от конкретните математически свойства на формулата на Максвел за разпределението. Например законът на Клаузиус за разпределението неминуемо би противоречал на втория закон. Пълното значение на тази връзка става ясно едва след като е изобретен демонът на Максвел – очарователно животинче, което оттогава не престава да тормози физиците-теоретици.

За пръв път демонът се появява в писмо до Тейт от 11 декември 1867 г.:

А сега си представи едно крайно създание, което узнава траекториите и скоростите на всички молекули чрез просто наблюдение, но което не може да извършва никаква друга работа освен да отваря и затваря в преградата едно прозорче без маса ...

Максвел обсъжда теоретично съд с преграда по средата, разделяща обем, съдържащ горещ газ, от обем, съдържащ студен газ. Но по формулата на Максвел в студения газ трябва все още да има известен брой бързи молекули, а в горещия – известен брой бавни. Крайното създание или демонът на Максвел, както става общоизвестен, отваря и затваря прозорчето така, че бързите молекули от студената страна преминават в горещата, а бавните молекули от горещата страна минават в обратната посока:

... така че горещата система става по-гореща, а студената – по-студена, макар че никаква работа не е извършена, а се използва само едно много наблюдателно и с много бързи реакции същество.

Следователно, продължава Максвел, ако сме с достатъчно пъргави пръсти, ние бихме могли да нарушим втория закон, “но не можем, защото не сме достатъчно умни”.

Тази идея заинтригувала Тейт, който веднага запознава с нея Томсън за по-височайше мнение. И двамата са убедени. Оттогава демонът започва своето твърде любопитно съществуване и до голяма степен допринася за съвременното развитие на теорията на информацията. В днешно време преобладаващото мнение е, че демонът не може да функционира: за да вижда приближаващите го бързи и бавни молекули, той трябва да получава от тях светлинни сигнали, а според квантовата теория това означава фотоните да отскачат от молекулите и с това да изменят скоростите им, така че той вече не знае дали молекулата е бърза или бавна.

Но онова, което демонът наистина показва, е статистическата природа на втория закон.

Вторият закон на термодинамиката е дотолкова верен, доколкото вярно е твърдението, че ако хвърлим чаша вода в морето, няма да можем да напълним чашата със същата вода.

Демонът *не би* могъл да работи за молекули като тези на Клаузиус, но диапазонът на неопределеност на скоростите в разпределението на Максвел му дава простор за действие. Все пак статистическият метод за описание на молекулите не е просто

твърдение за нашата неспособност да разглеждаме едновременно милиарди и милиарди молекули, защото в действителност то е израз на една необходимост. Гравитационната колона, а следователно и вторият принцип, *зависи* от разпределението на Максвел. Това разпределение е статистическо, а следователно такъв е и вторият принцип, а заедно с него и еволюцията на самата Вселена, тъй като именно вторият принцип задава стрелата на времето, която сочи посоката, в която времето тече.

Отишла си е механичната определеност на Нютоновата Вселена и на нейно място идва свят, в който самият пулс на неговия вътрешен механизъм става случаен. Максвел разбира какви са философските и религиозни следствия от това. В един механичен свят няма място за свобода на волята, всичко е предопределено. В новия свят свободата е по-голяма. Откритието на закона за запазване на енергията беше зачеркнало схващането за пряко действие на волята върху света: мускулите трябва да действат в съответствие със законите на физиката, не на душата. За Максвел това означава, че душата действа подобно на машиниста на парната машина: въртейки лостове и натискайки копчета, той може да я накара да се движи, както той желае. Казано на езика на физиката, сложностите на взаимодействията на голям брой обекти имат за резултат неустойчиви състояния, при които системата е така неустойчива (подобно на голям валчест камък, чиято подпора на върха на хълма постепенно е еродирала), че и най-слабото побутване може да я задвижи във всяка посока. Ако началните условия са известни с абсолютна точност, подобни неща не биха могли да възникнат, но тъй като винаги има някаква статистическа неопределеност на началните условия, тези неустойчивости неминуемо възникват. Така че когато по-късно Клаузиус и други немски физици се опитват да изведат втория принцип на термодинамиката като чисто динамично явление въз основа на Хамилтоновата механика, без да обръщат внимание на неговия статистически характер, Максвел по разбираеми причини е твърде недоволен.

Все пак обаче друг немски физик, Лудвиг Болцман, става апостол (често пъти критично настроен) на Максвел. Той е покръстен в новата вяра от първата статия на Максвел и през следващите тридесет години развива и усъвършенства идеите на Максвел, като поставя статистическата механика на стабилни основи. Едно от неговите постижения е включването на външните сили непосредствено в извода на закона за разпределението. Тогава отговорът на задачата за газовата колона става почти тривиален. При все това Максвел среща трудности с твърде сложния стил на Болцмановите статии и по този повод пише на Тейт:

Изучавах Болцман, но не можах да го разбера. Той не би ме разбрал поради моята краткост, а за мен трудност представляват неговите прекалено подробни обяснения. Затова съм склонен да вляза в славната компания на преразказвачите и да изложа цялата тази работа в 6 реда.

Максвел извежда Болцмановия резултат в една-единствена страница на *Nature*.

Все пак някъде дълбоко в съзнанието му остава проблемът с γ .

Но едно явление продължава да противоречи на теорията – отношението между специфичната топлина при постоянно налягане и при постоянен обем, което за въздух е 1,408, а би трябвало да е 1,333.

Болцман открива нещо, което на пръв поглед е добро решение на проблема. Той приема, че “въздушните” молекули са изградени от само два точкови атома, опаковани от междумолекулните сили във формата на твърда гиричка. Погледната отпред, такава молекула ще има краен размер, но отстрани ще изглежда като точка; затова би могло да

се приеме, че молекулата не би могла да се върти около собствената си ос, макар че би могла да се върти около двете перпендикулярни оси. От специфичната топлина както при постоянно налягане, така и при постоянен обем се отнема енергията на една степен на свобода, така че отношението става 7:5, което е много близко до 1,408.

Това изглежда като внушително потвърждение на теорията на Максвел, но самият той не е съблазнен от нея, защото спектроскопистите, водени от Стоукс, са открили, че в излъчваната от горещи вещества светлина има дискретни спектрални линии, т.е. че при нагряване молекулите излъчват светлина с точно определени дължини на вълните. Светлината, наблюдавана в лабораторията, е имала точно същата вълнова дължина като светлината от същите молекули в недрата на звездите, което показва на Максвел, че Господ е създал всички молекули в масово производство по едни и същи стандарти. Още по-вълнуващо е било осъзнаването, че тези спектрални линии трябва да ни дават много важна информация относно вътрешната структура на молекулите. Тези линии са вътрешно присъщи на молекулите, те могат да зависят само от самите молекули и следователно трябва да говорят за нещо още неразгадано, за начина, по който части на молекулите трептят една спрямо друга. Всяка молекула трябва да има свой собствен вътрешен механизъм. Както пише Максвел при първия проблясък на това откритие:

Даже един по-интелигентен студент, въоръжен с математически анализ и спектроскоп, не би пропуснал да открие някои съществени факти относно вътрешния строеж на молекулата.

В този контекст обаче линиите са същинска досада. Те подсказват, че в молекулите съществува някакъв вид вътрешно трептене, така че при топлинно възбуждане започва да се движи някакво вътрешно часовниково махало, люлеещо се с точно определен период и излъчващо светлина с точно определена честота. Но по теоремата за равното разпределение енергията трябва да се подава еднакво на *всички* възможни трептения и движения на молекулата. Вътрешното трептене трябва също да взема своя равен дял от енергията и трябва неминуемо да намали γ до по-ниска стойност от неприемливата 1,333.

Болцман опитва да се измъкне от трудното положение с помощта на етера, като включва в играта някакво “взаимодействие между молекулите и обкръжаващата ги среда на етера”. Обаче в лекция пред Химическото общество Максвел отбелязва: “Страхувам се, че като се обръщаме за помощ към тази среда, ние само ще увеличим изчислената специфична топлина, която и така е прекалено голяма”. Заключение на Максвел е, че “трябва да ни се е изплъзнало нещо съществено за цялостната физическа теория на молекулните стълкновения”.

Това нещо е квантовата теория, която петдесетина години по-късно показва как при ниски температури могат да бъдат “замразени” различни канали за излъчване на енергия. При високи температури молекулите наистина трептят. Понижете температурата и молекулите практически напълно престават да трептят, следствие на което тази степен на свобода за предаване на енергия замръзва и вибрациите престават да играят роля за специфичната топлина. При по-нататъшно понижаване на температурата ефективно замръзва и ротацията на двуатомната молекула около своята ос, така че Болцман също е бил прав.

Заслужава все пак да се отбележи колко предпазлив е бил Максвел: той не се подмамва да приеме безрезервно даже собствените си идеи и даже когато в Болцмановото обяснение те водят до съгласие с експеримента.

И отново Болцман е този, който вдъхновява Максвел да напише едната от двете си забележителни статии върху теорията на газовете. По същество това е още един извод

на разпределението по скорости, но този път с по-широк обхват: разпределение по енергии, осъществено с помощта на мощния математически формализъм на Хамилтън (този път доказателството като че ли е правилно!). Мощта на този метод се илюстрира от факта, че теоремата за равноразпределението просто изниква като естествен страничен продукт от доказателството. Максвел посочва заедно с това, че междумолекулните удари също са изчезнали (отново) от доказателството: той има увереността да смята (правилно), че теоремата за разпределението трябва да е валидна не само за газове, но че тя е общ природен закон.

Уводният пасаж на статията е много типичен за Максвел:

Д-р Лудвиг Болцман в статията си *“Studien über das Gleichgewicht der lebendigen Kraft zwischen bewegten materiellen Punkten”* (8 Oct. 1868) посвещава третия раздел на общото решение на проблема за равновесното разпределение на кинетичната енергия между краен брой материални точки. Неговият метод е праволинеен и, доколкото мога да преценя, задоволителен, но смятам, че проблем от такова принципно значение за молекулярната наука трябва да бъде огледан и изучен от всички страни, така че изводите да могат да се проследят от колкото може повече хора, а също да стане ясно върху какви предположения са основани тези изводи. Това е още повече необходимо, когато предположенията се отнасят до степента на неподреденост, която може да се очаква за движението в система, което още не е напълно познато.

Едва ли са били мнозина онези, които са могли да разберат формулите на Максвел, но стремежът да се използват множество подходи е твърде характерен.

Максвел завършва тази статия през 1879 г., като прилага развитите от него теоретични принципи към случая на въртяща се тръба, напълнена с газ. Той показва, че в тръбата трябва да възникват градиенти на плътността, които ще са различни за различните газови молекули. Така е създадена основополагащата идея на центрофугирането, което в днешно време служи като незаменимо средство за разделяне и пречистване на смеси.

Другата статия на Максвел от 1879 г. е вдъхновена от радиометъра. Това е уред за “вечно движение”, който може да се види по витрините на магазини за разни куриози и който представлява вакуумирана стъклена тръбичка, съдържаща пластинка, от едната страна посребрена, а от другата – почернена. Изложена на светлина, тя се върти. Когато уредът е изобретен през 1870-те години от Уилям Крукс, интересът към него е извънредно голям, тъй като отначало никой не разбирал защо се върти и дали това не е някаква нова природна сила. Максвел присъствал на вечерното събиране на Кралското общество, където Крукс демонстрирал уреда си, и съобщил на Тейт, че за него този уред е много по-интересен от модната тогава тема за полтъргайст.

Видях експериментите на Крукс в Кралското общество. Чудеса! Духовете бледнеят пред тях. Свещ на разстояние 3 инча действа върху тръбичката точно както магнитът действа върху стрелката на компас. Не може да става дума за въздушни течения, а силата е значително по-голяма от теглото на въздуха, останал в съда. Много живо се привлича от парче лед. Всичкото това при най-добрия възможен вакуум. При 12 mm налягане няма никакъв ефект, при 760 mm налягане ефектът е обратен, но не е така силен, както е при вакуум.

Максвел очевидно е бил най-подходящият рецензент за статията на Крукс и той възторжено подкрепя нейното публикуване:

Тя е с такава превъзходна научна стойност, че записът на стъпките, довели откривателя до нея, заслужава своето трайно място в историята на науката.

В изследванията си върху електромагнетизма Максвел вече е показал, че светлината упражнява налягане, но то е значително по-слабо, за да обясни опита на Крукс. Максвел обаче е много доволен от това, че неговата теория е опровергана:

В моя трактат върху електричеството, части 792 и 793, аз посочвам възможното отблъскващо действие на лъчението. Но наблюдаваните от г-н Крукс ефекти говорят, както изглежда, за много по-големи сили.

Крукс прави цяла серия от внимателно подготвени експерименти и към него се присъединяват стотици учени. Малко по-късно Тейт и Дюар в Единбург, както и Шустер в Манчестер, правят убедителни експерименти, които показват, че ефектът в действителност зависи от малкото количество газ, оставащо в радиометричната тръбичка, и че не става дума за някаква нова сила в природата.

Бидейки съвестен рецензент на статиите на Крукс, Максвел преодолява първоначалния си импулс да посочи по повод следващата статия, че нейната значимост би се определяла от евентуалното обяснение на действието на радиометъра. По времето, когато Крукс написва своята последна радиометрична статия (1878 г.), рецензията на Максвел гласи:

Усилията, уменията и находчивостта, вложени в тези експерименти, са великолепни и много от отделните резултати са ценни, но според мен усъвършенстването на методите за получаване и поддържане на вакуум ще бъдат значително по-ценни за науката, отколкото самите експерименти.

И това е точно така, защото преследването на примамливата радиометрична сила е накарало физиката изобщо и Крукс в частност да усъвършенства вакуумната техника, а това е от огромни научни (и икономически) следствия за света. Херман Бонди* приписва на вакуумната помпа основната част от постиженията на двадесетия век.

При все това интересът на обществеността към радиометъра е така голям, че е привлечено вниманието и на кралица Виктория и Максвел е посочен като подходящ за демонстрация на играчката пред Нейно Величество. В писмо до чичо си Робърт Кей той описва така тази история:

Изпратиха ме в Лондон, за да съм готов да обясня на Кралицата защо Ото фон Герике се е посветил на откриването на нищото, както и да ѝ покажа двете полукълба, в които той го съхранява, снимката на 16 коня, които не могат да разделят полукълбата, и как 200 години по-късно У. Крукс се е доближил много повече до нищото и го е запечатал в стъклен глобус за всеобщо обозрение. Нейно Величество обаче ни освободи много скоро и не направи много шум за нищо, защото ѝ предстоеше много тежка работа през останалата част от деня.

Макар че ефектът вече определено е свързан с взаимодействието на газовите молекули със светлината и с пластинката на радиометъра, все пак още няма единомислие относно природата на това взаимодействие и това накарва Максвел да се заинтересува от граничните ефекти в теорията на газовете, какво става на границата на допир между газ и твърдо тяло.

Статията му е представена на Кралското общество през април 1878 г., като изводът му е, че за статично състояние силата ще зависи от втората пространствена производна на температурата $\partial^2 \theta / \partial x^2$. За съжаление пряко математическо следствие от това е, че много скоро се стига до равновесно разпределение на температурата, при което *няма* да има резултираща сила. Така че как работи радиометърът? Според Максвел механизъмът би трябвало да е *плъзгане* – явление, открито от Хелмхолц. Когато по протежение на повърхността на твърдо тяло, потопено в течност или газ, съществува температурен градиент, флуидът ще се стреми да се плъзга по тази повърхност и да упражнява върху нея някаква сила. Но Максвел оставя оригиналната си статия с това чисто качествено твърдение – това е било единственото възможно обяснение, за което можел да мисли, но той не опитва да пресметне ефекта.

Сега е неизбежно Стоукс да помоли Томсън да рецензира статията за Кралското общество и, както обикновено, коментарите на Томсън са твърде проникателни и водят до съществени теоретични постижения. Томсън оценява статията възторжено, но е недоволен от безцветното качествено заключение на Максвел:

§ 11, 12, 13 са извънредно важни и интересни. Възможно е проф. Стоукс да е знаел принципа и преди това, но безкрайно малко вероятно е друг да го е знаел. Желателно е да се даде още малко допълнителна информация в помощ на читателя.

Томсън престава да се преструва на анонимен рецензент и, когато следващия път среща Максвел, той му предлага метод за развиване на идеята за приплъзването, като разглежда идеализирана повърхност, състояща се от различни по форма грапавини – рибена люспа, синусоидални или пирамидални. Те могат да се описват математически и от начина, по който молекулите се сблъскват с тях, би могло да се изведе по какъв начин газът като цяло ще се плъзга.

Максвел приема предизвикателството в Допълнение, написано през май 1879 г. Идеята му е, че има два екстремни случая на поведение, като и двата могат сравнително лесно да се изчислят. Единият е, когато молекулите падат върху повърхността и се отразяват от нея точно както светлината се отразява от огледало. Другата възможност е те да се поглъщат, да се залепват върху повърхността, а по-късно да се изпаряват от нея (в модела на Томсън това съответства на повърхност с редици от дълбоки канали, в които молекулите се залавят и дълго време се блъскат насам-натам, докато накрая отново се освободят). Всяка реална повърхност трябва да се намира някъде между тези две крайности и затова Максвел параметризира повърхността, като с f означава частта от изпарените молекули, а останалите $1 - f$ са отразените. Сега той е в състояние да оцени количествено приплъзването, изразено чрез f . Така се ражда важната изследователска област на взаимодействията газ – повърхност.

В това се крие многократна ирония. Първо, Максвел се опитва да изследва радиометъра, но, както посочва Томсън в своята рецензия, изглежда не е знаел за работата на Тейт и Дюар, които вече са показали, че радиометърът работи при много ниски налягания, под границите, до които могат да са валидни приближенията на газовата теория на Максвел. Изчисленията на Максвел се отнасят до режим на по-високо налягане от това, което има в тръбичката на радиометъра.

Второ, той стига до идеята за приплъзване, защото смята, че в равновесие наляганията ще се изравнят и няма да създават резултираща сила върху тръбичката. Пресмятането тук е доста сложно, тъй като температурните градиенти влияят върху разпределенията на молекулите по скорости, а тези разпределения се използват за изчисляване на температурните градиенти. Затова не е изненадващо, че тук Максвел допуска грешка. В учебника си по теория на нееднородните газове Чепмън и Каулинг**

извеждат правилната математическа формула за ефекта, включваща един допълнителен член, който Максвел е пропуснал. Резултатът е, че приплъзването *не е* необходимо, за да се задвижи радиометърът даже в разглеждания от Максвел режим на относително високо налягане; даже без въздушни потоци и без приплъзване радиометърът ще се движи. И все пак изследването на Максвел е първото физическо изследване на ефекта.

В интервала от време между първото представяне на статията на Максвел пред Кралското общество през април 1878 г. и представянето на Допълнението през май 1879 г. на сцената се е появил съперник. Осбърн Ренолдс предлага на К.О. статия, в която между другото е дадено и обяснение на ефекта на приплъзването. Максвел и Томсън са помолени да рецензират статията.

Това поставя Максвел в деликатно положение: статията се отнася до проблем, върху който самият той работи. Воден от своя неизменен интерес към психологията на научното откритие, Максвел посочва, че експерименталната част на статията трябва да се публикува така, както е предложена от автора.

Не смятам за необходимо експерименталната част да се преработва в съответствие с по-късните достижения, защото за мен достоверният запис на процеса на научното мислене е по-ценен от кой да е учебник, колкото и добре да е преработен.

Но в теоретичната част на статията той забелязва някои сериозни грешки и заедно с това се позовава на полезното предложение на Томсън как повърхностите да се описват математически. Въпреки това той намира, че изводите на Ренолдс са принципно верни и че статията трябва да се отпечата, “след като авторът направи някои подобрения в нея”.

В статията си Ренолдс предявява известни претенции, че той единствен е *доказал*, че молекулите са с краен размер. Максвел с обичайната си сдържаност посочва, че наличието на характерна за газа дължина не означава непременно, че тази дължина е “размерът” на молекулата. Другият рецензент, Томсън, е значително по-темпераментен в своята критика. Той цитира пасажки от своята собствена публикация и от тези на други автори, за да покаже вече направени изчисления за размерите на атоми. И е направо разгневен от това, че в статията се долавя известно пренебрежение спрямо Максвел.

Убеден съм, че стилът на мислене на автор, който може да обсъжда размерните свойства на газовете, без при това да се позове на Клаузиус или на Максвел, нито на Лошмид или на Стони, не подхожда за изготвянето на статия, която да представя Кралското общество ...

Действително в статията на Ренолдс единственото позоваване на Максвел е във връзка с твърдението, че у него всичко е грешно; в отговора си той е примирителен:

Избегнах по-нататъшно позоваване на статията на Максвел, защото не смятах наложително да се разпростирам върху неща, които ми изглеждаха слаби страни в разсъжденията на Максвел. Взимайки под внимание огромния авторитет на Максвел, трябва да разберете нежеланието ми да повярвам, че съм открил недоглеждане в работата му и как след като опитах различни начини ... не ми оставаше нищо друго освен да загубя доверие в себе си и да се откажа от своето изследване.

На свой ред Ренолдс е силно раздразнен, когато е публикувана последната статия на Максвел. Положението на Максвел е било доста деликатно. Той вече е *имал* достъп до статията на Ренолдс, която силно се препокрива с неговата. Той решава да продължи

и да публикува своето Допълнение, като изразява почитанията си към “рецензента”, който е настоявал той да продължи проучването си, а в още по-голяма степен отправя думи на признание към “възхитителната работа” на Ренолдс:

Това явление [на топлинно приплъзване] беше открито изцяло от него. Той пръв посочи, че явление от този вид е необходимо следствие от кинетичната теория на газовете.

И продължава, че е преразгледал въпроса само след като е прочел статията на Ренолдс и че неговият собствен метод “е в някои отношения по-добър от този на професор Ренолдс”. Все пак Максвел посочва, че интересът му към приплъзването е предизвикан от изследванията на германски колеги и от предположението на Томсън, още преди да е получил статията на Ренолдс. Но остава неопровержимият факт, че рецензентите (главно Томсън) са забавили публикуването на работата на Ренолдс, а Максвел предлага преди него статия с припокриваща се тема. Ренолдс е силно раздразнен и пише на Стоукс, за да се оплаче особено от това, че Максвел е хвърлил сянка на съмнение върху още непубликуваната му статия. Отговорът на Стоукс е ледено студен:

Трябва преди всичко да Ви съобща, че професор Максвел лежи на смъртно легло. Не знам дали д-р Паджет е загубил всяка надежда, но не изключвам да е така. Предполагам, че е въпрос само на дни или най-много на седмици, но едва ли ... Трябва откровено да кажа, че в написаното от Вас се чувства раздразнение, което едва ли е оправдано от твърде вежливия начин, по който Максвел се отзовава за Вашата статия.

Това, че измъчваният от непрестанна болка на рак в стомаха Максвел е можал да приготви своята последна статия, само по себе си е нещо твърде необикновено.

Работите на Максвел по теорията на газовете илюстрират най-ярко неговия интуитивен стил на изследване. Неговият велик германски съвременник Кирхоф казва: “Той е гений, но човек трябва да повтори изчисленията му, за да ги приеме”.

Вълшебството на Максвел е в неговата интуиция: той е имал увереността на гения да вярва в простите и ясни формули, които му е подсказвала интуицията. Но именно защото той много често върви назад от тези резултати към техния извод, не е никак странно, че съвременниците му са оставали озадачени.

МАКСВЕЛ – ЛИРИК

Molecular Evolution

At quite uncertain times and places,
The atoms left their heavenly path,
And by fortuitous embraces,
Engendered all that being hath.
And though they seem to cling together,
And form “associations” here,
Yet, soon or late, they burst their tether,
And through the depths of space career.

So we who sat, oppressed with science,
As British asses, wise and grave,
Are now transformed to wild Red Lions,
As round our prey we ramp and rave.
Thus, by a swift metamorphosis,
Wisdom turns wit, and science joke,
Nonsense is incense to our noses,
For when Red Lions speak, they smoke.

Hail, Nonsense! dry nurse of Red Lions,
From thee the wise their wisdom learn,
From thee they cull those truths of science,
Which into thee again they turn.
What combination of ideas,
Nonsense alone can wisely form!
What sage has half the power that she has,
To take the towers of Truth by storm?

James Clerk Maxwell

Belfast, 1874

* Бонди, Сър Хърман (р. 1919 г.) – английски физик и космолог. Един от създателите на стационарната теория на Вселената. – *Бел. прев.*

** Chapman S. and T. Cowling, *Mathematical Theory of Non-Uniform Gases*. Cambridge Univ. Press, 1939. Руски превод: Чепмен С. и Т. Каулинг, *Математическая теория неоднородных газов*, М., ИЛ, 1960 г. – *Бел. прев.*

Подбор и превод: **Михаил Бушев**

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