

НОБЕЛОВИТЕ НАГРАДИ ЗА 2003 Г.

Кралската Шведска Академия на Науките присъди:

Нобеловите награди за:

* **ФИЗИКА** (на 7.10.03.): *“за основополагащи приноси към теорията на свръхпроводниците и свръхфлуидите”* съвместно: на

Алексей А. Абрикосов от Materials Science Division на Националната лаборатория на Аргон, щ. Илинойс, роден в Москва, СССР, през 1928 г., гражданин на Русия и САЩ, на

Виталий Л. Гинзбург от Физическия институт “П. Н. Лебедев”, Москва, роден в Москва, Русия, през 1916 г., и на

Антъни Дж. Легет от Физическия отдел на Илинойския университет, Урбана, Илинойс, роден във Вашингтон, САЩ, през 1938 г., гражданин на Великобритания и САЩ;



А. А. Абрикосов

В. Л. Гинзбург

A. J. Leggett

* **ХИМИЯ** (на 8.10.03): *“за открития, свързани с каналите в клетъчните мембрани”* на **Питър Ейгър**, САЩ, *“за откриването на канали за водни молекули”*, и на **Родерик МакКинън**, САЩ, *“за структурни и механични изследвания на канали за йонни потоци”*;

* **ЛИТЕРАТУРА** (на 2.10.03): на **Джон Максвел Кетци**, Южна Африка, *“който, под многобройни маски изобразява изненадващата намеса на аутсайдера”*;

* **ИКОНОМИЧЕСКИ НАУКИ** (на 8.10.03): на **Робърт Енгъл**, САЩ, *“за методи за анализиране на икономически времеви редове с променящи се във времето*

*непостоянства”, и на **Клайв Грейнджър**, Великобритания, “за методи за анализиране на икономически времеви редове с общи тенденции“.*

Нобеловото събрание при Каролинския институт

присъди Нобеловата награда за

*** ФИЗИОЛОГИЯ ИЛИ МЕДИЦИНА:** (на 6.10.03) на **Пол Лотърбър**, САЩ, и на **сър Питър Мансфийлд**, Великобритания, “за откритията им, свързани с магнитното резонансно изобразяване“.

Норвежкят Нобелов комитет присъди Нобеловата награда за

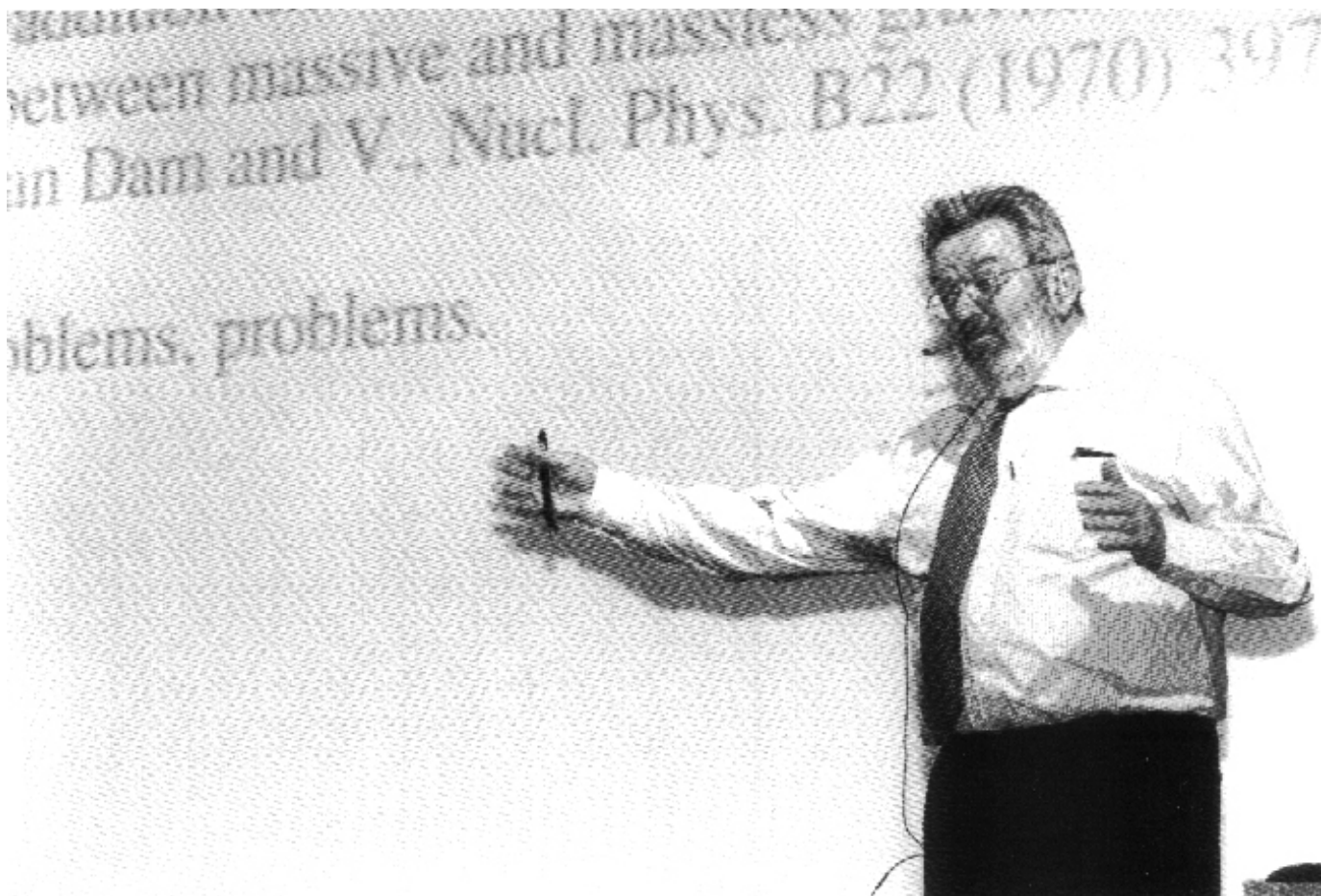
*** МИР** (на 10.10.03): на **Ширин Ебади**, Иран, “за усилията, които тя полага за демокрация и защита на човешките права”.

Превод (по материали от Internet): **И. Русев**

ОТ СЛАБИТЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КЪМ ГРАВИТАЦИЯТА

Мартинус Велтман

Нобелова лекция, Стокхолм, 8 декември 1999 г.



1. Въведение. Тази лекция е за моя принос в доказването на пренормируемостта на калибровъчните полета. Разбира се, невъзможно е достатъчно ясно да се отдели моят принос от този на моя “съ-лауреат” ’т Хофт, но относно неговите самостоятелни публикации аз ще се огранича само с няколко кратки бележки. Обширен обзор по цялата тема, включваща и по-подробни цитирания на литература от онова време, може да се намери в [1]*.

Добре известно е, че работата по пренормируемостта на калибровъчните полета доведе до пълна смяна на перспективата във физиката на елементарните частици. Тази работа изведе на преден план конкретни модели: беше установено наличието на изискваните от тези модели неутрални токове, а откриването на J/Ψ -частицата беше веднага интерпретирано като откриване на чара – също съставна част на тези модели. Имаме предвид модела на Глешоу [2], неговото разширение с отчитане на кварките,

принадлежащо на Глешоу, Илиопулос и Майани (ГИМ) [3], и модела на Уайнбърг - Салам [4] за лептони с отчитане на сектора на Хигс. Статията на ГИМ включваше и обсъждане на изискваните неутрални адронни токове, а също отчитане на чара, както това беше предложено от Хара [5]. След анализа, проведен от Бардин на семинара в Орсе [6], в публикацията на Бушиа, Илиопулос и Майер [7] беше установено обръщането в нула на аномалията на трицветните кварки. Без да се впускам в детайли, ще спомена, че след това беше приета и квантовата хромодинамика. По такъв начин само за няколко години беше създаден Стандартният модел.

2. Основни етапи. Позволете ми сега да разкажа за моя принос в тази област. Описанието може да се раздели на три основни части. Ще се постарая, доколкото е възможно, да опростя изложението.

I. Физически съображения. През 1965 г. Адлер [8] и Вайсбергер [9] изведоха съотношение, носещо днес техните имена. Аз интерпретирах това съотношение, намиращо се в числено съгласие с експерименталните данни, като следствие на твърдението на Уорд в неабелевата калибровъчна теория (наричана също теория на Янг - Милс); в това си качество съотношението ми показва пътя за изучаване на тези теории.

II. Ренормализационни съображения. Първоначалните изчисления на радиационните поправки за вертекса фотон-векторен бозон показаха, че при подходящ избор на магнитния момент на векторния бозон много от разходимостите изчезват. При изучаването на теорията на Янг - Милс забелязах, че те автоматично водят към появата на точно такъв магнитен момент. От тук аз заключих, че това вероятно е най-доброто от съществуващото за пренормируемостта. И то ме доведе до изследване на пренормируемостта на такива теории.

III. Технически напредък. Пристъпвайки към изучаване на диаграмите в теорията на Янг - Милс, установих, че много разходимости се превръщат в нула при условие, че външните опашки на диаграмите лежат върху масовата повърхност. Това само по себе си е недостатъчно за пренормируемост, понеже последното изисква диаграмите и правилата на Файнман да бъдат от пренормируем тип. И така аз достигнах до търсенето на такова преобразование на теорията, че да възникнат нови правила на Файнман от пренормируем тип, при което обаче S -матрицата да не се променя. Постигнах успех в границите на една *бримка*.

Нито един от тези аспекти не е тривиален, което се вижда лесно, ако се познават работите от онова време. Например Уайнбърг [10] в своята Нобелова лекция през 1979 г. съобщава, че той отдава успеха на съотношението на Адлер - Вайсбергер на свойствата на силните взаимодействия, а именно – на наличието на кирална $SU(2) \times SU(2)$ симетрия. Затова той предлага да се занимаваме с неща като π - π разсейвания. Разказват, че когато Файнман чул за това развитие на изследванията, възкликнал, че никога не се е замислял за изучаването на пренормируемостта на теорията на Янг - Милс. И накрая, съществували няколко публикации, в които непренормируемостта на теорията на Янг - Милс се смятала за “доказана”, например в статията на Салам [11].

Сега ще се опитам да отговоря подробно на тези три аспекта в тяхното историческо развитие.

3. Физически съображения. През 1965 г. Адлер и Вайсбергер изведоха своето знаменито съотношение между константата на аксиално-векторното взаимодействие на β -разпадането в термините на дисперсионния интеграл на пион-нуклонно разсейване. Това добре съгласуващо се с експерименталното съотношение се основаваше на правилата на Гел-Ман за токовете комутатори [12]. След това в литературата последва обширна дискусия за т.нар. швингерови членове, които можеха да направят доказателството недействително. Аз се опитах да изведа същите резултати, тръгвайки от друго допускане, и като изходни взех добре известните уравнения на запазващите се векторни токове и на частично запазващите се аксиални такива за слабите токове:

$$\partial_\mu J_\mu^V = 0, \quad \partial_\mu J_\mu^A = i g \pi$$

Тези уравнения не включват електромагнитните или слабите ефекти от по-висок порядък. Като първа крачка се опитах да отчета електромагнитните ефекти чрез добре известната замяна $\partial_\mu \rightarrow \partial_\mu - i q A_\mu$, където q е електричният заряд на обекта, на който действа ∂_μ . Понеже токовете са изовекторни, това е лесно да се направи, като се използват изоспинови означения. За векторния ток уравнението придобива вида:

$$(\partial_\mu + i e A_\mu \times) J_\mu^V = 0,$$

като при това електромагнитното поле се разглежда като трета компонента на изовектора. По-нататък аз използвах идеята, че фотон и заредени векторни бозони могат да бъдат разглеждани като изотриплет и тогава възниква това, което нарекох дивергентни условия [13]. За аксиален векторен ток това води до:

$$\partial_\mu J_\mu^A = i g \pi + i e A_\mu \times J_\mu^A + i g W_\mu^V \times J_\mu^A + i g W_\mu^A \times J_\mu^V.$$

От съображения за техническа целесъобразност двата векторни бозона се използват за означаване на вектор-бозонното взаимодействие с векторен ток и вектор-бозонното взаимодействие с аксиален ток. Това уравнение се оказва подходящо за извеждане на съотношението на Адлер - Вайсбергер. Допълнително преимущество на такъв извод беше това, че не възникваха усложненията с швингеровите членове, а аксиално-векторната константа на взаимодействието беше пряко свързана с дължината на пион-нуклонното разсейване. В съотношението на Адлер - Вайсбергер по очевиден начин се

използва допълнителното съотношение, в което дължината на пион-нуклонното разсейване се изразяваше чрез дисперсионния интеграл.

Намиращият се тогава в ЦЕРН Джон Бел прояви немалък интерес към този извод. Той изследва въпроса за това какъв тип теория на полето ще доведе до подобни дивергентни условия и установи, че това може да се случи в калибровъчната теория [14].

По-нататъшното развитие на изследванията се свеждаше главно до получаване на следствия от подобни съотношения, включващи само електромагнитни полета. Ясно е, че при разглеждане само на третата компонента на аксиалното дивергентно условие не възникват електромагнитни поправки. Според Адлер равенството $\partial_\mu J_\mu^{AB} = i\pi^0$, прочетено в обратен ред, налага на пионното поле условие, отчитащо електромагнитните ефекти. В това се състояло обобщението на по-ранната работа на Адлер [15], известно като условие за съгласуваност за процеси с участието на пиони. В дадения случай един от изводите беше, че разпадането на π^0 на два фотона е забранено и без да се впускаме в подробности може да се каже, че това стана причина за появата на работата на Бел и Джакив [16] за аномалиите. Адлер [17] откри аномалията едновременно с тях, използвайки фактически мой (непубликуван) извод за получаване на връзката при π^0 -разпадането. По-късно започнах силно да се тревожа за това развитие на събитията, понеже възприемах тази аномалия като трудност по отношение на пренормирането.

4. Ренормализационни съображения. Тук трябва да се върна към 1962 г. Тогава Ли и Янг [18], а по-късно само Янг [18], започнаха систематични изследвания на векторните бозони, взаимодействащи с фотони. В тяхната статия главно внимание беше отделено на извода на правилата на Файнман за векторните бозони. По това време проблемът беше, че в обичайния каноничен извод се срещаха определени контакти членове за пропагатора на векторния бозон. Няма повече да се спирам на това. По-късно намерих прост начин за заобикаляне на тези проблеми. Обаче в онези времена това беше сериозно.

След това Ли започна сложно изчисление на радиационните поправки от нисш порядък за взаимодействието на векторния бозон с фотона. Обикновената замяна $\partial_\mu \rightarrow \partial_\mu - iqA_\mu$, в лагранжиана на векторните бозони е недостатъчно за определяне на магнитния момент на векторния бозон и той остава свободен параметър. Това става поради появяването на две производни от вида $\partial_\mu \partial_\nu$; при изпълнение на минимална замяна е съществено дали се взема $\partial_\mu \partial_\nu$ или $\partial_\nu \partial_\mu$, което води до произвол при определянето на магнитния момент. Каквото и да е било, Ли се беше концентрирал върху електричния квадруполен магнитен момент на векторния бозон и бе изчислил съответната триъгълна диаграма, използвайки процедурата на обрязване, наречена ξ -граничен процес.

Мен това изчисление ме заинтересува силно, защото, както и много други физици, дълбоко вярвах в съществуването на векторните бозони като посредници в слабите взаимодействия. Тази вяра се основаваше на успеха на векторно-аксиалната теория, в която се предлагаше векторната структура на слабите токове. Действително,

това доведе Глешоу до неговата знаменита статия от 1961 г. Реших, че работата на Ли трябва да се обобщи и за други случаи, но беше очевидно, че това съвсем не е проста задача. Ако се изчисли триъгълната диаграма изцяло (докато Ли се беше ограничил до съществена за него част от нея) в рамките на ξ -метода за случай, когато магнитният момент е произволен параметър, възникват чудовищни изрази, съдържащи в промеждутъчни стадии на изчисленията от порядъка на 50 000 члена! Въпросът за излизане от рамките на триъгълната диаграма просто не се поставяше.

Тогава аз написах компютърна програма, която би могла да свърши тази работа. А именно, концентрирах се върху триъгълната диаграма, но програмата написах така, че да може да се обобщи и за други процеси. С други думи разработих програма за символни изчисления с общо предназначение. Работейки напрегнато завърших първата версия на програмата приблизително за три месеца. Нарекох я *Schoonschip* преди всичко за да досадя на всички нехоландци. Преводът на названието е “искрящ от чистота”, което е холандски морски израз, означаващ въвеждане на ред в ситуация на пълен безпорядък. През януари 1964 г. бях в Ню-Йорк във връзка със събрание на Американското физическо общество. Посетих Ли и му разказах за моята програма. Той реагира едва доловимо, но по-късно разбрах, че след като съм напуснал кабинета му незабавно се обърнал към един от местните физици с молба и той да напише аналогична програма.

Забавлявайки се с изчисления, аз се опитвах да установя каква ще бъде оптималната стойност на магнитния момент на векторния бозон от гледна точка на съществуването на разходимости. Съществуваше само една стойност, при която почти всички разходимости изчезваха, но аз не знаех какво да правя с този резултат. Той обаче се запечата в паметта ми и, както ще обясня по-нататък, изигра своята роля.

5. Технически напредък. За да обясним ситуацията, необходимо е да се върнем малко назад. През 1959 г. се заех с проблема за нестабилните частици. Този проблем има непертурбативна природа, понеже частицата е нестабилна, независимо от това колко малка е константата на връзката за предизвикващото разпадането взаимодействие. Затова такава (нестабилна) частица не влиза в in- и out-състоянията на S -матрицата. Обаче при нулево значение на константата на връзката частицата е стабилна и трябва да влиза в in- и out-състоянията. По такъв начин границата на нулевата константа на връзката не възпроизвежда теория с нулева константа на връзката.

По онова време по принцип беше добре известно как да се борави с нестабилните частици. Обикновено се прибегваше до така нареченото Дайсъново сумиране на пропагатора и това действително отстраняваше полюса в пропагатора. От представянето на Келен - Лемън за пропагатора беше известно, че всеки полюс в пропагатора съответства на in- или out-състояние, така че сумирането по всяка вероятност и в действителност съответстваше на отдалечаване от in- и out- състоянията.

При изпълнение на Дайсъновото сумиране обаче се установи, че теорията става явно непертурбативна, понеже диаграмите на собствената енергия, а заедно с тях и множителите g (константата на връзка на дестабилизиращото взаимодействие)

възникват в знаменателя на пропагатора на нестабилната частица. Такъв пропагатор има вида:

$$1/[k^2 + M^2 + g^2 F(k)].$$

Очевидно този пропагатор не може да се разложи като функция на g в околността на $k^2 + M^2 = 0$, ако мнимата част на $F(k)$ не е равна на нула в тази точка (веществената част може да се направи равна на нула чрез пренормиране на масата). По такъв начин, вместо пропагатор с полюс, Дайсъновото сумиране даваше функция с разрез в плоскостта на комплексните k^2 . От този момент вече не е очевидно дали S -матрицата е унитарна, понеже обикновеното уравнение за S -матрицата $S = T[\exp(iH)]$ вече не е изпълнено. С други думи, за доказване на унитарността трябваше да се разгледат самите диаграми.

И така, аз се захванах с тази задача и я завърших през 1961 г. Тази работа влезе в моята дисертация, която правех под ръководството на Леон ван Хоф. Статията беше написана в тежък стил, характерен за холандските дисертации, и беше публикувана през 1963 г. [20] в донякъде необичайното за високите енергии списание *Physica*. Интересно е, че по същото време Файнман [21] разглеждаше същия проблем във връзка с доказването на унитарността на безмасовата теория на Янг - Милс, чийто диаграми съдържат духове. Тези духове правят унитарността неочевидна. Нещо повече, изводът на Файнман, направен с помощта на функционални интеграли, не гарантира унитарност. Сигурен съм, че той не бе виждал моята статия, а аз никога не бях я обсъждал с него. Той се опита да направи това по друг начин, много сложен, и в началото постигна успех само за една бримка. По-късно Де Вит [22] разпространи доказателството на Файнман за всякакъв брой бримки, но моето доказателство е много по-просто и освен това много добре се съгласува с физическата интуиция. Фактически от моето доказателство следваше, че мнимата част на диаграмите е равна на сумата на всички диаграми, които могат да се получат от нея, разрязвана по всички възможни начини.

Значението на тази работа беше двойствено. Не само унитарността стана разбираема, но се научих да разглеждам диаграмите независимо от начина по който са изведени, например с помощта на каноничния формализъм. Като се отчете, че не е лесно да се изведат правилата на Файнман в теорията на Янг - Милс по този начин, аз получих известни преимущества при изследване на тази теория. Формализмът на функционалното интегриране е напълно адекватен при разглеждане на теорията на Янг - Милс; обаче има една тънкость, а именно, че този формализъм не гарантира унитарност. През 1968 г. формализмът на функционалното интегриране практически изчезна от литературата, въпреки че студентите на Швингер изучаваха функционалните методи. Самият аз не знаех почти нищо за него.

През 1968 г. Пайс ме покани да прекарам един месец в Рокфелеровия университет. Приех с радост поканата и реших да анализирам съществуващата ситуация в теорията на слабите взаимодействия. Отложих всичките си занятия и две седмици обмислях всичко, което беше известно по това време в тази област. В края на

краищата реших да приема изводите на Бел като сериозни и предположих, че слабите токове са токовете на калибровъчната теория. И така, аз се захванах да изучавам теорията на Янг - Милс и се опитах да си изясня как тя ще работи за някои слаби процеси. При написване на правилата на Файнман забелязах, че от тази теория се получава именно такъв “оптимален” вертекс (който се отнася за разходимостите), какъвто бях забелязал по-рано, занимавайки се с описаната по-горе работа по взаимодействието на фотони и векторни бозони. Това ме накара да се съсредоточа върху ренормализационните аспекти на теорията.

Доколкото помня започнах с разглеждането на едномерни поправки за бримки при неутрино-електронно разсейване. Ситуацията се усложняваше бързо. Вертексите в теорията на Янг - Милс бяха значително по-сложни, отколкото онези, с които всички бяха свикнали, и даже прости диаграми водеха към съвсем заплетени изрази. В края на краищата реших да се откажа от всичко, освен от основната теория на векторните бозони, взаимодействащи помежду си според схемата на Янг - Милс. Освен това, разбира се, аз дадох на векторния бозон маса, защото, очевидно, векторните бозони при слабите взаимодействия са масови частици. Пристъпих към работа в пълно неведение за публикациите по тази тема. Това всъщност беше добре, защото в противен случай имаше опасност да приема, че теорията на Янг - Милс е непренормируема. Както каза Файнман в своята Нобелова лекция, изнесена в ЦЕРН: “Понеже никой не се бе решавал да разглежда проблема, очевидно не си струваше да се изучава това, което бе направено преди”. Трябва да отбележа, че по това време вече ме безпокоеше аномалията, но реших да отложа този проблем.

Да разгледаме пропагатора на масовото векторно поле

$$(\delta_{\mu\nu} + k_\mu k_\nu / M^2) / (k^2 + M^2).$$

Източник на всички проблеми, разбира се, представлява членът, съдържащ $k_\mu k_\nu$. Затова всеки, който се е заемал с тази задача, винаги се е опитвал да се избави от него. В квантовата електродинамика това наистина може да се направи, но в теорията на Янг - Милс това е невъзможно. Винаги остава нещичко. Но се вижда, че този лош член винаги съдържа множителя $1/M^2$. Фактически всички най-лоши разходимости в диаграмите могат да се проследят, изброявайки множителите $1/M^2$. И ако те никога напълно не се съкращават (както е всъщност в теорията на Янг - Милс), то от тези разходимости не е възможно да се избавим дотогава, докато по някакъв начин множителите $1/M^2$ не се съкратят. Но откъде да се намерят необходимите за това множители M^2 ? Съществува само един начин, а именно да се получат от външни импулси, които лежат на масовата повърхност. Това означава, че импулсът p на такава външна линия удовлетворява съотношението $p^2 = -M^2$. Това е и същността на проблема.

Пренормиране означава, че от разходящата се графика не може да се избере външен импулс, лежащ на масовата обвивка, и след това да се направят необходимите изваждания, понеже графиката може да се окаже част от друга по-сложна графика. Например в обемната диаграма може да има собствено-енергетичен принос на някоя от

вътрешните линии. Свързаните със собствено-енергетичните приноси импулси в този случай не лежат на масовата обвивка, така че не е достатъчно да се извадят само онези разходимости, които остават, ако тези импулси се вземат от масовата обвивка. Трябва да се покаже и че допълнителните разходимости, възникващи когато тези линии не лежат на масовата обвивка, в действителност се съкращават. Тежка задача! Какво да се прави?

Направих следното: преформулирах теорията така, че всички съкращения да бъдат по един или друг начин превъплатени в правила. Отначало използвах правилото на Щюкелберг [23]: добавих скалярно поле и въведох взаимодействие с производни по такъв начин, че това поле се появяваше заедно с пропагатора на векторния бозон:

$$(\delta_{\mu\nu} + k_\mu k_\nu / M^2) / (k^2 + M^2) + \kappa (k_\mu k_\nu / M^2) / (k^2 + M^2).$$

Вторият член възниква от обмяната на скалярна частица. Параметърът κ се въвежда, за да се следи за контрачленовете. Най-накрая трябва да се положи $\kappa = -1$. Но тогава това ново поле става физически нежелателно, понеже $\kappa = -1$ всъщност е невъзможно. В такъв случай скалярното поле трябва да има неопределена метрика или нещо друго също толкова отвратително. В абелевата теория е лесно да се покаже, че това поле е невзаимодействащо, но в неабелевия случай това не е така. Тогава се сетих да въведа допълнително взаимодействие за това ново скалярно поле по такъв начин, че то да стане свободно. Можех да се надявам, че в резултат ще се получи нова теория, съдържаща пропагатор на векторния бозон с добро поведение и, освен това, съдържащ взаимодействащото скалярно поле, което тогава ще се окаже дух. Действително, бидейки свободно поле, то може да се появи в крайното състояние само ако присъства в началното. В този момент се появяват нови правила на Файнман, вероятно значително по-малко разходящи благодарение на отчитането на пропагатора на векторния бозон. Всичко се определя от това какви правила на Файнман се получават за това скалярно поле. Ако те се окажеха правила за пренормируема теория, ние щяхме да сме на прав път!

И така – ето важният момент: теорията трябва да бъде формулирана в термините на диаграмите, които да имат пренормируем вид. Няма значение, че ще се появят духове – те не са препятствие за програмата за пренормиране.

Тази процедура има допълнителния плюс, че може да се напише амплитуда, включваща едно такова скалярно поле. Понеже това скалярно поле е свободно, дадената амплитуда става нула, когато всички други външни линии се вземат върху масовата повърхност. От тук се получава някакво тъждество. Като се използва техниката на източниците на Швингер, то може да се разпространи върху случая, когато една или повече други външни линии се намират вън от масовата обвивка. По-късно нарекох получаващото се тъждество обобщено тъждество на Уорд.

Тази процедура има и друг аспект. Понеже крайните диаграми съдържат пропагатор на векторния бозон, в който частта $k_\mu k_\nu$ отсъства, теорията не е явно унитарна. Тук могат да се използват правилата за обрязване, които бях получил по-

рано, и като се използват тъждествата на Уорд за обръщане на скаларните линии да се покаже, че теорията е унитарна. Работата като цяло е доста сложна, но все пак не твърде.

И ето че стана чудо. На еднобримково равнище почти всички разходимости изчезнаха. Това не беше толкова просто, колкото го описах, понеже даже с новите правила за получаването на желания резултат трябваше да се извърши някаква работа с помощта на тъждествата на Уорд. Във всеки случай аз получих правилата на Файнман за еднобримкови диаграми, които в съответствие с обикновените правила за пресмятане на степените бяха пренормируеми. За онези, които искат да разберат това в термините на съвременната теория: вместо духовете на Фадеев - Попов (със знак минус за всяка затворена бримка) и хигсовия дух (без знак минус, но с множител, отчитащ симетрията) при мен се появяваше само един дух и на еднобримково ниво той фактически даваше разликата между двата известни ни тогава духа.

Не мога да опиша бурната радост, която изпитах, когато получих този резултат. Аз все още не можех да се справя с две или повече бримки, но бях уверен, че всичко ще се получи. За мен този резултат беше просто доказателство за правотата на моите идеи. И публикувах статия [24], описваща тези резултати.

Тежките методи, приложени в [24] не могат да се нарекат ясни и елегантни. Не мога да не цитирам отзива на Глешоу и Илиопулос [25]. След появяването на моята статия те бяха решили да работят по същия проблем и наистина показаха, че много разходимости се съкращават, макар и не навсякъде, където бе необходима пренормируемост. Например еднобримкова обемна диаграма е разходяща като L^8 в унитарната калибровка; в тяхната статия е приведен резултатът L^4 . Аз, разбира се, бях получил степента на разходимост за пренормируемата теория, т.е. $\log L$. Ето фрагмент от тяхната забележка, посветена на този момент: “Установените от М. Велтман разходимости излизат извън рамките на теоремата, доказана в тази статия, но те имат отношение само към амплитудите върху масовата обвивка...”. Ами да!

На съвременен език може да се каже, че аз изпълних преобразованието от унитарна към “пренормируема” калибровка. Понеже при мен я нямаше частицата Хигс, резултатът не беше идеален. Но идеята беше ясна: възможни са разни комплекти правила на Файнман, водещи до една и съща S -матрица.

6. Преходен период. В периода 1969 - 1971 г. аз употребих не малко усилия, опитвайки се да изляза извън рамките на еднобримковия резултат. Съществуваха много нерешени проблеми и те трябваше да се решат. В началото на 1970 г. опростих извода до такава степен, че той стана очевиден. Това се получи чрез извеждането на тъждествата на Уорд с прилагането на швингеровата техника за източниците [26]. То е много близко до извода на онова, което сега се нарича тъждества на Славнов - Уорд. Преобразованието BRS (Becchi - Rouet - Stora) всъщност е сложна форма на метода на свободните полета (с помощта на антикомутаторни полета). Помня как се разстроих, когато за пръв път слушах лекцията на Стора за тъждествата на Славнов - Тейлър, както ги наричаше той. Казах му, че те са някаква разновидност на моите обобщени тъждества на Уорд. Обаче Стора не е “диаграмен” физик и съм уверен, че той така и не разбра моята статия.

Друг проблем беше граничният преход към нулева маса в масовата теория на Янг - Милс. През януари 1969 г. се провеждаше конференцията в ЦЕРН и аз обях, че двубримковите диаграми в масовата теорията на Янг - Милс не преминават в диаграми на безмасовата теория, с други думи безмасовата теория не е граничен преход при нулева маса в масовата теория [27]. Разгърнатата аргументация за това е дадена в съвместната ни статия с Й. Райф [28]. Основната цел на тази статия беше “да се добави още една свободна връзка” – правилата на Файнман за векторни бозони в унитарната калибровъчна теория. Доказателството беше много елегантно и тази статия зае подобаващо място в споменатата по-горе статия на Ли и Янг. Стана ми напълно ясно, че лъжливите контактни членове, свързани с тази част на теорията, не са причина за двубримковите проблеми.

Някъде през първата половина на 1970 г. узнах от Зумино, че Фадеев и Славнов [29] са показали, че даже на еднобримково равнище безмасовата теория не е граничен преход на масовата теория. Различието се криеше в множителя, отчитащ симетрията на еднобримковите графи: те са с множител $\frac{1}{2}$ в сравнение с бримките с духове на Фадеев - Попов в безмасовия случай. През лятото на 1970 г. заедно с Х. Ван Дам възпроизведохме и пояснихме това доказателство и се придвижихме напред – към разглеждане на гравитацията [30]. Установихме един от най-поразителните факти в тази област: за гравитацията граничният преход от масивни гравитони към безмасови не съвпада с безмасовата теория на Айнщайн. Следователно теория на гравитацията с масивна частица и спин 2, но с извънредно малка маса (например от порядъка на реципрочната стойност на радиуса на галактиката), води до резултат за отклоняване на слънчев лъч, съществено различен (с множител $\frac{3}{4}$) от резултата на безмасовата теория. По такъв начин, наблюдавайки за отклонението на светлината в Слънчевата система, можем да съдим за стойността на гравитационното поле в рамките на Галактиката и извън нея. За много физици (тук искам да спомена Кабир) беше трудно да преглътнат този резултат. Отсъствието на непрекъснатост при граничен преход на нулева маса в сравнение с безмасовия случай се смяташе за противоречащ на физическата интуиция. Наистина, за фотоните подобен ефект няма. Работата с Ван Дам беше фактически моето първо упражнение в квантовата теория на гравитацията.

И така, към края на 1970 г. за мен не оставаше избор. Достигнах до мисълта да изследвам разликата между масовите и безмасови случаи, по-точно казано да се опитам в известен смисъл диаграмно да извлека безмасовата теория от масовата. Това би ни дало някакъв подход към системата на Хигс. Наистина, теория с частицата на Хигс дава възможност за непрекъснат преход към безмасова теория, но само при използване на четири допълнителни частици. Освен това аз разработвах идеята, могат ли оставащите безкрайности да имат такъв знак, който би позволил да се осъществи изваждане с помощта на някакви допълнителни взаимодействия. Можеше да се предположи, че това би довело до въвеждане на допълнителна частица – хигс – с такова взаимодействие, че то да съкрати нежеланите разходимости или да превръща еднобримковите контрачленове в калибровъчно инвариантни (четириточковите контрачленове в моята статия не бяха такива). Резултатът би бил поява на “велтманизъм” в най-лошия смисъл (термин, употребен от Коулман за характеризиране стила на първата статия на ’т Хофт). Обаче това не се случи, а да се гледа назад в миналото винаги е лесно. Работа от този тип изискваше още нещо, а именно процедурата на регуляризация. Отсъствието на подходящ метод за регуляризация не само затрудняваше по-нататъшните изследвания и прилагането на вече получените резултати към конкретни случаи, но съществуваше

още и въпросът за аномалиите. Именно в този момент 'т Хофт се включи в моята програма.

Г. 'т Хофт стана мой аспирант някъде в началото на 1969 г. Неговата първа задача беше да напише *scriptie* – така наричат у нас нещо като преддисертационна работа (във Франция тя се нарича *thèse troisième cycle*). Темата му беше аномалиите и σ -моделът. Завършвайки я към края на годината, той пристъпи към работа над дисертацията. По това време той вече вземаше участие в моето функционално-интегрално начинание, така че ми позволете да го опиша.

Проведох академичната 1968 - 69 г. в университета Орсе край Париж. Още от лятото на 1968 г. прекарвах времето си повече там и се срещнах с Манделщам, който отдавна работеше над теорията на Янг - Милс. Той беше развил свой собствен формализъм [31] и ние сравнихме резултатите си. Не обърнахме внимание на споменатия по-горе множител 2: Манделщам изучаваше безмасовия случай, а моите резултати се отнасяха за масовата теория. В Париж беше и Булвер. Като ученик на Швингер, той беше вещ в функционалното интегриране и впоследствие приложи своите навици към дадения въпрос [32]. Стана ми ясно, че няма изход и се налагаше да изуча функционалното интегриране. Към края на моето пребиваване в Рокфелеровия университет някой ми беше споменал, че вече съществуват публикации на Файнман [21] и на Фадеев по безмасовата теория. Статията на Фадеев и Попов [33] също съдържаше функционални интеграли и въпреки че като редактор на *Physics Letters* я пуснах за печат, по онова време (лятото на 1967 г.) аз съвсем не подозирах за какво става дума в нея. Приех я за публикуване просто от уважение към името на Фадеев. Чудесно.

Моят метод за изучаване на функционалното интегриране се свеждаше до това да чета лекции на тази тема в Орсе. Случи се така, че там беше и Бен Ли, който се заинтересува от това. С големи усилия успях да се добера до книгата на Файнман и Хибс. (Студентите бяха заети с правене на революция и хич не им беше до дреболии като функционалните интеграли. Разпространих съобщение с молба да върнат книгата в библиотеката, вместо да правят революция, в резултат на което наистина се появи един екземпляр от книгата. Затова пък аз се сдобих с репутацията на архиреакционер, което разглеждам като комплимент, особено като се има предвид, че то ми беше прикачено от маоисти.) По време на тези лекции един полски физик (Ричард Кернер, сега в Париж) достави още една статия на Фадеев, написана на руски, и аз го помолих да я преведе. Така и не прочетох статията и Бен Ли я отнесе. Просто не бях готов за това и чувствах, че все още не разбирам функционалните интеграли. Затова, когато се върнах в Холандия, реших да се заема с тях още веднъж и в сътрудничество с Нико Ван Кампен организирахме курс по функционални интеграли (есента на 1969 г.). Тогавашният ми аспирант 'т Хофт получи задача да записва лекциите, което той и направи. Бих казал, че тогава започнах да разбирам и функционалните интеграли, въпреки че никога не съм се чувствал уютно с тях. При 'т Хофт не съществуваше този емоционален товар и той стана специалист в тази област. По такъв начин, към края на 1969 г., 'т Хофт беше вече получил образованието си в областите на σ -модела, на аномалиите и на функционалните интеграли.

7. Герард 'т Хофт. По това време 'т Хофт изрази неудовлетворение от дисертационната си тема, която му бях предложил предварително, а именно пикът на двойния резонанс на Маглик. Той искаше да стъпи на арената на теорията на Янг - Милс. Тогава му предложих да изследва безмасовата теория, като обърне особено внимание на намирането на метод за регуляризация. Това стана по време на закуска, на която присъстваше Ван Кампен.

При изследването на безмасовия случай 'т Хофт използваше комбинирани методи (манипулации с диаграми), за да извежда всевъзможни тъждества [34]. Той би могъл да използва тъждествата на Уорд от моята по-ранна статия, но както предполагам се стремеше да покаже, че може да го направи по-добре. Стана така, че не написа тъждеството на Славнов - Тейлър – пропуск, който тези двама джентълмени бързо поправиха [35, 36]. Г. 'т Хофт изведе тъждеството върху масовата повърхност, което явно беше достатъчно за целите на пренормирането.

Вероятно главният предмет на нашите спорове беше необходимостта от калибровъчно-инвариантна схема за регуляризация. Той се придържаше към гледната точка, че независимо от използваната схема, трябва просто да се поправят константите при изваждането така, че да се изпълняват тъждествата на Уорд, и това е всичко, което е необходимо за пренормирането на теорията. Наистина, това е вярно при условие, че няма аномалии и след известно време той прие тази гледна точка. Той разви калибровъчно-инвариантен метод, който работеше в случаите на една бримка. Използваше се петото измерение. По-късно, при опити да излезем извън рамките на една бримка, ние развихме схема на размерна регуляризация; през лятото на 1971 г. вече имахме приблизителна представа за този метод. Трябва да призная, че имах и скрит мотив - много исках да получа схема, приложима за реални изчисления. Съществуващите тогава методи (например схемата на Паули - Виларс) може и да са полезни в квантовата електродинамика, но са свършено безполезни от практическа гледна точка в теорията на Янг - Милс. А аз исках да притежавам добър инструмент.

Като приложение към своята статия 'т Хофт представи метод за избор на калибровка в схемата на функционалния интеграл. Аз не оцених това, но по-късно, оглеждайки се назад, установих, че то е развитие на моя първоначален опит да заменя калибровката, като включва методите на “свободните полета”. Руските физици (Фадеев, Славнов, Фрадкин и Тютин) пренесоха този метод на формализма на функционалните интеграли, видоизмениха го, загладиха го и обобщиха метода преди всичко за безмасовия случай и за (безмасовата) гравитация. Оригиналната схема, предложена от 'т Хофт в споменатото приложение, сега представлява най-широко използваният метод.

Тук аз няма да описвам (съществения) руски принос в тази област. И това, че в Съветския Съюз, пък и почти навсякъде, заниманията с теория на полето не бяха особено популярни. Мисля, че в публикацията [1] е дадена безпристрастна оценка на този въпрос.

Пропускам и втората статия на 'т Хофт [37], където той въвежда спонтанно нарушаване на симетрията и по такъв начин достига до пренормируеми теории с масивни векторни бозони във вида, който е известен днес. Бих искал да отбележа само две обстоятелства: настоявах резултатите да не зависят, доколкото това е възможно, от формализма на функционалното интегриране, т.е. унитарността да се проверява отделно, и, второ, наличието на нещо във вакуума да не се извежда на преден план.

Наистина, след като е написан лагранжианът с отчитане на спонтанното нарушение на симетрията, не е важно как се появява той. Искях такава да бъде формулировката в статията. Подозирах, че с такова вакуумно поле могат да възникнат проблеми, а и до днес мисля така, но това не повлия на втората статия на 'т Хофт. Той понякога представя това наше разногласие в смисъл, че съм възразявал против космологичната константа, обаче по онова време аз не знаех или не съзнавах, че това има някакво отношение към космологичната константа. Осъзнах това по време на семинара по гравитация в Орсе в началото на 1974 г. [вж. 38].

И така, позволете ми да се върна към есента на 1971 г. Тогава 'т Хофт се беше задълбочил в безмасовата теория на Янг - Милс, изучавайки проблема за асимптотичната свобода. Мисля, че към това го потикваше Симанчик. А аз се бях съсредоточил върху схемата на размерната регуляризация [39]. Отново отправям заинтересования читател към публикация [1] за всички подробности, включвайки и независимата работа на Болини и Джамбяджи.

След като размерната регуляризация беше доведена до добре работеща схема, реших, че не би било лошо да се напишат две статии: а) статия, която ясно да демонстрира върху някакъв пример как работи всичко това, и б) достатъчно строга статия, в която пренормируемата калибровъчна теория да бъде поставена на достатъчно сериозна основа, при това с използването на само една комбинаторна техника за работа с диаграми. В резултат се появиха двете статии, озаглавени: "Пример на калибровъчна теория на полето" [40] и "Комбинаторика на калибровъчните теории на полето" [41]. Първата беше представена на конференцията в Марсилия през лятото на 1972 г., където беше докладвана и предварителната версия на втората статия. Нямам представа колко физици прочетоха първата статия "Пример на ...". Мисля, че напразно я публикувахме само в трудовете на конференцията, а не и в периодично издание. В тази статия еднотримковите безкрайности бяха изчислени в простия SU(2)-модел с двупараметричен избор на калибровка и информираният читател би могъл без всякакви проблеми да използва контрачленения лагранжиан от тази статия за извода на β -параметъра на теорията (с отчитане на хигса). Този пример е съществен за асимптотичната свобода. Изчисленията в тази статия бяха напълно автоматизирани и изпълнени с помощта на програмата *Schoonschip*. Когато 'т Хофт ме помоли да изчисля разходимостите в безмасовата теория за проверка на собствените му изчисления, да се направи това не представляваше особен труд. Аз не знаех за асимптотичната свобода и не разбирах в онзи момент важността на това конкретно изчисление. Той представи своите резултати на същата конференция в Марсилия.

8. Радиационни поправки. След 1972 г. работих много над приложението на теорията, т.е. над изчисляването на радиационните поправки. През 1975 г. още продължаваше широката дискусия по повод неутралните токове. Голяма част от специалистите смятаха, че точната конфигурация, съдържаща се в модела на Уайнбърг е свършено необходима, но те не разбираха, че избирайки друг хигсов сектор, на масата на Z_0 -частицата може да се даде каквато си искаме стойност. Това несъмнено беше ключов момент и ние заедно с Рос пристъпихме към изучаване на този въпрос [42]. В резултат беше въведен нов параметър, сега наричан ρ -параметър, който има стойност 1 за най-простия сектор на Хигс, избран от Уайнбърг. ρ -параметърът всъщност представлява квадрата на отношението на масите на заредения и на

неутралния векторни бозони с поправка, свързана със слабото смесване. Този параметър стана важна част от съвременната картина на физиката, понеже по оптимален начин отчита радиационните ефекти на тежките частици, кварките или частиците на Хигс. На Парижката конференция по неутрални токове през 1974 или 1975 г. представих много кратък доклад, състоящ се, доколкото си спомням, от два диапозитива. Всичко, което казах, беше следното: масата на неутралния векторен бозон може да бъде всякаква; ето ви удобен начин за нейното параметризиране. И до днес съм поразен, че никой, абсолютно никой на тази конференция, явно, не разбра моята идея. Всички, както и преди това, смятаха, че намирането на точната количествена стойност на големината на ефектите от неутралните токове, предсказвана от модела на Уайнбърг (разширен за кварки от Глешоу, Илиопулос и Майани), има решаващо значение от гледна точка на приложимостта на калибровъчните теории. В действителност, ако беше установено отклонение в резултатите, единственото следствие от това би бил преход в друг сектор на Хигс.

През 1976 г. стана достатъчно очевидно, че Стандартният Модел, включващ най-простите възможни сектори на Хигс, е правилен. Тогава станаха възможни обосновани изчисления на радиационните поправки и аз се захзах с тях. Изглеждаше, че възникват поне три поколения. На първо време ме интересуваха следните въпроси:

а) Колко са поколенията?

б) Съществува ли горна граница за масата на хигса?

Аз няма да се впускам в астрофизични разсъждения относно количеството видове неутрина. Такъв род разсъждения са повече от убедителни, защото се основани на нашето разбиране за “Големият взрив” и еволюцията на Вселената. Що се отнася до третото поколение, то по този въпрос се разгърна интересна дискусия: каква е масата на топ-кварка? От списъка на статиите, съдържащи едни или други твърдения по този въпрос, би могло да се състави занимателна статия, но аз оставам това на други. Добре помня, че без топ-кварка теорията би била непренормируема и, следователно, трябва да съществуват наблюдаеми ефекти, които стават безкрайни, когато масата на топ-кварка се стреми към безкрайност. За мое голямо удоволствие съществуваше такава поправка за ρ -параметъра и нещо повече, тя растеше неограничено, пропорционално на квадрата на масата на топ-кварка [43]. Това е първият пример във физиката на елементарните частици, когато радиационната поправка расте с увеличаване на масата на виртуалните частици. Може да се каже, че това е първият отворен прозорец към света на много високите енергии. В резултат на експериментални изследвания тази поправка стана понятна. В крайна сметка отчитането ѝ доведе до предсказването на стойността 175 GeV за масата на хигс-бозона, която се съгласува с резултата, получен след откриване на топ-кварка. Това съгласие, изглежда, е указание, че по-високи поколения не съществуват, защото остават много малко (или въобще не остават) основания за съществуването на някакви различия в масите на кварките от (хипотетичните) нови поколения. Въпреки че, строго казано, в спектъра на масите, който сега наблюдаваме, такава вероятност не може да се изключи напълно.

От самото начало бях силно заинтересован от хигсовия сектор в спонтанно нарушените теории. Започнах да търся начин за определяне на горната граница на масата на тази частица. В края на краищата, ако хигс-частицата е неотменима част от пренормирането, то в теорията на пертурбациите трябва да има членове, които не могат

да се премахнат с помощта на пренормирането и които трябва да са чувствителни към масата на хигса. Лесно може да се докаже, че мястото, където трябва да се търсят подобни неща, са радиационните поправки към масата на векторните бозони, а съществен параметър в случая е ρ -параметърът, въведен в нашата съвместна с Рос публикация, за която вече споменах. Както понякога се случва, макар че по принцип можеше да има пропорционален на квадрата на масата на хигса ефект, става така, че тази част се съкращава и остава само логаритмичната зависимост [44]. По тази причина много е трудно да се оцени масата на хигса, изхождайки от радиационните поправки, и във връзка с това аз въведох термина “теорема за екранирането”. Изглежда природата много се старее да скрие частицата Хигс от експерименталното наблюдение. Този и други факти ме доведоха до убеждението, че съществува нещо различно от хигсовия сектор, който обикновено съставлява част от Стандартния модел.

След това започнах да разработвам систематичен подход за изчисляване на радиационните поправки (съвместно с Писарино). Понеже той и Бардин написаха книга, която току що излезе от печат, аз насочвам интересуващите се читатели към нея [45].

Съществуваше и още една мотивация за изчисляването на радиационните поправки. Беше ми необходим краен резултат за радиационните поправки при раждането на W -двойки в LEP, понеже ми беше ясно, че тези поправки ще се окажат чувствителни към масата на хигса. Това би подсказало оценка за необходимата енергия на LEP. Тя трябва да бъде достатъчно висока, за да бъдат радиационните поправки при раждането на W -двойки достатъчно големи, за да бъдат изследвани експериментално. Или щеше да бъде намерен хигсът, или щяха да се установят радиационните поправки. Това изчисление беше направено съвместно с Лемуан [46] и беше завършено през 1980 г. Не ми се удаде да представя доводите си напълно убедително. По това време така и никой не разбра важността на подобни съображения. Затова енергията на LEP беше оставена 200 GeV, а това е съвършено недостатъчно за поставената цел. Понеже векторните бозони все още чакаха своето откриване, само малцина бяха готови да размишляват за това какво има отвъд тази граница. Освен това аз решително не знаех, възможно ли е от инженерна гледна точка, да не говорим за финансовата страна, създаването на LEP на 250 – 300 GeV.

9. Съвременното състояние. Хигсовият сектор на Стандартния модел не е проверен по същество. Обикновено се използва най-простата от възможните хигсови системи, от която следва само една физическа частица на Хигс. При такъв избор масата на Z_0 се задава равна на масата на заредената W , делена на $\cos \theta$, където θ е ъгълът на слабото смесване. Нека отначало да изясним простия факт, че изборът на подходящ хигсов сектор може да осигури отсъствието на ограничение за масата на Z_0 . Нещо повече, масата на фотона не трябва непременно да бъде нула, а може да има всякаква стойност.

В първоначалния етап много думи бяха употребени за запълване на пукнатината между въведения през 1967 г. модел и по-късното доказателство на пренормируемостта. И до днес нерядко се използват термините “електрослабо обединение” и “спонтанно нарушение на симетрията”. Понеже смятам, че тези два термина са способни да въведат в заблуждение, искам да ги коментирам по-подробно.

В каква степен слабите и електромагнитни взаимодействия са обединени? Използваната при тяхното описание симетрия е $SU(2) \times U(1)$ и самият този факт показва, че в действителност въобще няма никакво обединение. Истинското обединение, като в теорията на Максвел, води до намаляване на броя на параметрите. Например в теорията на Максвел скоростта на разпространение на магнитните и електрични полета са равни помежду си и равни на скоростта на светлината. В електрослабата теория няма такова намаляване на броя на параметрите, тъй като ъгълът на смесване може да бъде всякакъв и това прави електричната константа на взаимодействието $e = g \sin \theta$ свободен параметър. Ако хигсовият сектор не е зададен, то масата на Z_0 и масата на фотона също стават свободни параметри. Обединение всъщност няма (с изключение на обстоятелството, че изовекторната част на фотона лежи в един мултиплет с векторните бозони).

Обаче, ако се зададе най-простият от възможните хигсови системи, то броят на свободните параметри намалява. Масата на Z_0 е фиксирана, ако са зададени ъгълът на слабото смесване и масата на заредения векторен бозон и тогава масата на фотона става равна на нула. Така че, в този случай, явно има място някакво обединение. Обаче на мен ми се струва, че е във висша степен нелепо да се говори за "електрослабо обединение" при избора на най-простата от възможните хигсови системи.

Въпросът за спонтанното нарушение на симетриите е по-сложен. От моята собствена позиция ситуацията изглежда по следния начин. През 1968 г. доказах това, което нарекох еднобримкова пренормируемост на масовата теория на Янг - Милс. Точният смисъл на този термин скоро ще стане ясен. Обаче имаше проблеми на равнище две бримки и затова по онова време предполагах, че е необходим някакъв друг механизъм за обрязване, който да регулира (наблюдаемите) разходимости, възникващи извън границата на еднобримковия случай. Фактически схемата на Хигс може да се разглежда като такъв механизъм за обрязване. Масата на хигс-частицата става параметър на обрязване и този параметър е реално наблюдаем (в което се състои и определението на непренормируемостта на теорията без хигсовия сектор). Този параметър влиза логаритмично в някои радиационни поправки (например масата на Z_0) и от тези поправки следва приблизителната оценка на стойността на дадения параметър. Но в изходните положения влиза това, че хигсовият сектор се явява най-простият от възможните случаи. Без такова допускане отсъства чувствителност на еднобримково равнище (понеже тогава масата на Z_0 е неизвестна и радиационните поправки стават пренормировка на тази маса). В това се състои смисълът на еднобримковото пренормиране. Да предположим обаче, че от гледна точка на симетрията работата стои така, като че ли системата на хигса е била най-простият от възможните случаи. Тогава параметърът на обрязване (масата на хигса) може да се оцени от радиационните поправки.

От тази гледна точка въпросът се свежда до това, до каква степен ние днес можем да бъдем уверени, че схемата на обрязване, използвана от природата, е действително схемата на хигса, както се твърди. За това бихме имали всички основания, ако наистина съществуваше частица с маса, равна на стойността, получавана от радиационните поправки. Но ако такава частица не съществува, това просто означава, че природата използва някаква друга схема, която трябва да бъде изследвана експериментално.

Концепцията за спонтанно нарушаване на симетриите не влиза, по същество, в тези разсъждения. Отначало това беше въпрос, който не преставах да си задавам. Спонтанното нарушаване на симетриите обикновено води до появата на постоянно поле във вакуума. Затова се питах, съществува ли някакъв начин да се забележи присъствието на такова поле във вакуума? Такъв ход на мислите ме доведе до въпроса за космологичната константа [38]. Наистина, какво, ако не и гравитационното взаимодействие, може да реагира на появата на поле във вакуум. И тук възниква проблемът с космологичната константа, оставаща толкова загадъчна, колкото и преди 25 години. Надявам се, че с въвеждането на спонтанно нарушените симетрии проблемът за космологичната константа встъпва в нова фаза. Приведох аргументи в полза на това, че решението на този проблем трябва да се намери чрез ревизия на понятието за фундаменталната реалност на пространство-времето при нейното противопоставяне на импулсното пространство [47], но тук определено не е мястото за подобни обсъждания. Освен това тази аргументация не доведе досега до никакви осезаеми последствия.

И така, въпреки че на теоретично равнище използването на спонтанното нарушаване на симетриите води до пренормируеми лагранжиани, въпросът съответства ли това на реално ставащото в природата остава открит.

10. Заключение. Преходът от теорията на полето от шейсетте години към съвременните калибровъчни теории, от който можеше да си изкълчиш мозъка, вече не стои пред очите ни, и на сегашното поколение физици, работещи в областта на теорията на полето, със сигурност му е трудно да осъзнае това. Те могат да попитат: защо това отне толкова време? Може би изложеното до тук в известна степен дава отговор на този въпрос.

Превод: **Н. Ахабабян**

* Списъкът на цитираната литература може да се намери в сп. *Успехи Физических Наук*, т. 170 (2000), № 11, стр. 1225-1234.

ФИЗИКА НА ВИХРИТЕ ВЪВ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИ СВРЪХПРОВОДНИЦИ

Джордж Крабтрий* и Дейвид Нелсън**

Нашите знания за вихрите в свръхпроводниците се разшириха значително през последното десетилетие, което открива нови хоризонти пред фундаменталната наука и възможности за практически приложения.

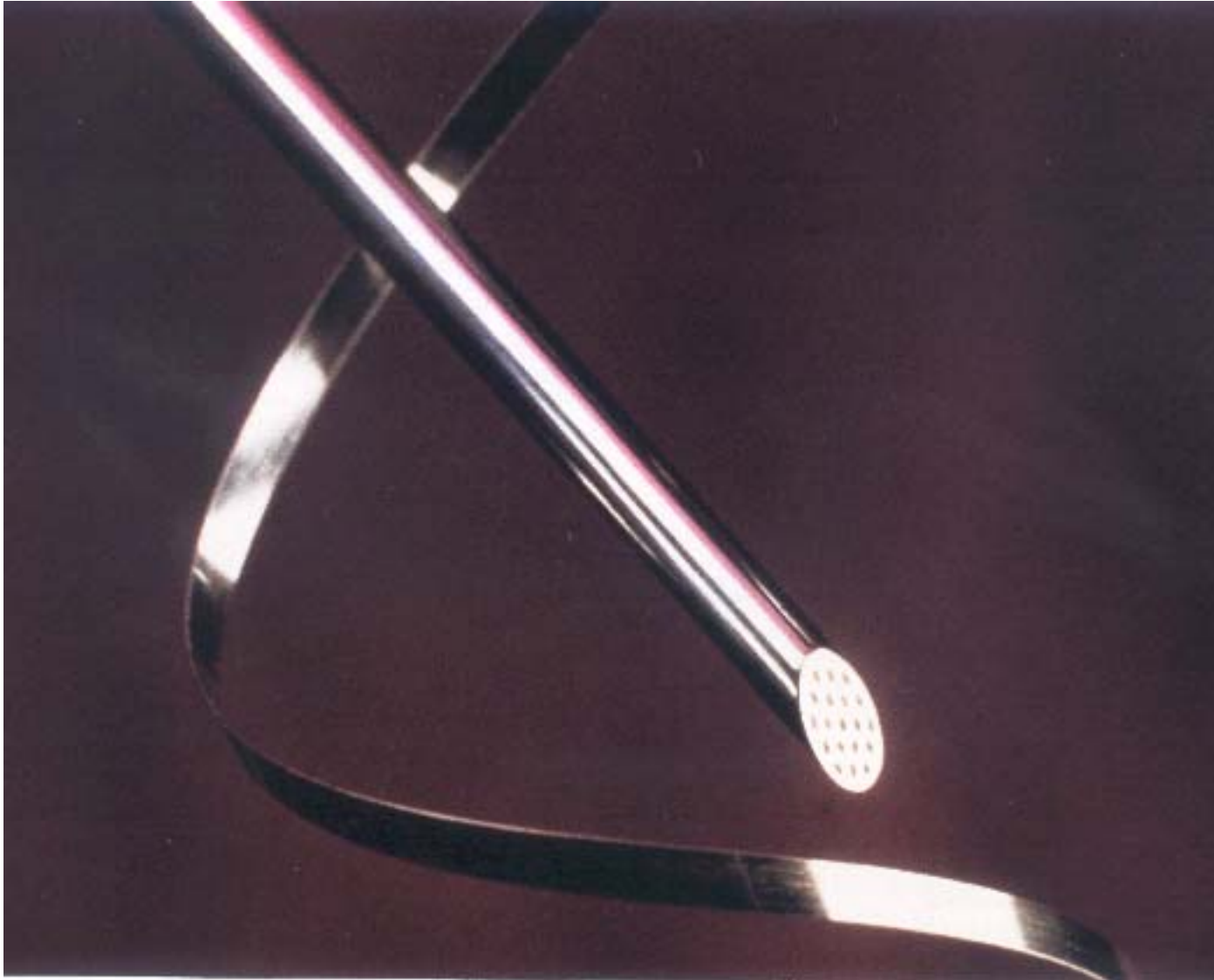
Откриването на високотемпературните свръхпроводници (ВТСП) съществено подобри знанията ни в областта на физиката на квантуваните вихрови линии. Тези свръхпроводници изключват магнитни полета с магнитна индукция по-малка от една долна критична граница при $H_{c1} \leq 10^{-2}$ тесла. Полетата с по-висока плътност на магнитния поток проникват като подредени във вид на матрица вихри, всеки от които се състои от точно един квант магнитен поток ($\phi_0 = hc/2e$), обкръжен в равнината, перпендикулярна на полето, от циркулиращи свръхтокове, които в радиално направление се разпростират до неколкостотин нанометра. Поведението на вихрите управлява много други физически свойства на ВТСП до горната критична граница при $H_{c2} \sim 10^2$ Т, над която свръхпроводимостта отстъпва пред нормалното поведение за метал и магнитните полета проникват равномерно.

Поведението на вихрите обещава трайна промяна на нашия начин на мислене относно свръхпроводимостта и нейните потенциални приложения, тъй като обединява фундаментална наука с практически приложимите технологии. От цялата нова физика, породена от ВТСП, вихровото поведение с неговото разнообразие и сложност е може би най-неочакваната и най-бързо развиващата се област.

Вихрите в свръхпроводниците са един леснодостъпен пример за еластични едномерни обекти, взаимодействащи чрез прост потенциал в присъствието на управляемо безредие. Тези блуждаещи нишки магнитен поток показват сложно равновесно поведение, отразяващо течната, кристалната и стъклоподобната фази. Нещо повече, те могат да бъдат подложени на външна движеща сила с помощта на преносен ток, което позволява да се установи и изследва устойчивото състояние на породеното вихрово движение. Подобно на равновесните фази, тези динамични фази са удивително сложни и едва доловими, като включват няколко типа пластично и еластично движение, разделено от непознати досега динамични фазови преходи.

Технологиите се възползваха от потенциала на ВТСП, като повече от 15 компании участват активно в развитието на различни продукти: от силнотокowi кабели (вж. Фиг. 1) до тънкослойни устройства. Поведението на материалите, повече от който и да е друг фактор, ще определя успеха на тези технологични приложения в дългосрочна перспектива. Много от потенциалните приложения изискват високи плътности на тока при минимално разсейване на енергия, необходимост, която изисква обездвижването или фиксирането на вихрите към движещите Лоренцови сили, индуцирани от електрическият ток. Първоначално знанията, необходими за развитието на свръхпроводници, бяха натрупвани предимно от учени и инженери, работещи в

областта на приложното материалознание. Сега разполагаме с толкова по-фундаментална и ясна картина на вихровата физика, че разработените през последните години общи принципи могат да се използват за разбирането и управлението на вихровото поведение.



Фиг. 1. Гъвкав многожичен свръхпроводников кабел, направен от свръхпроводник $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ (BSCCO) с обвивка от сребро. Кабелът е произведен чрез процес, при който разпрашен свръхпроводник се поставя в матрица от отвори в сребърна тръба, която след това се валцува и се обработва топлинно, докато се получи плосък и гъвкав кабел със стотици или хиляди нишки.

Знаем например, че фиксирането на вихрите е тясно свързано със слоестата структура на купрати с висока T_c (показани на Фиг. 2 горе, вдясно). Двете плоскости на

медния диоксид (CuO_2), които съдържат повечето от свръхелектроните и определят свойствата на вихрите, са разделени чрез “блокиращи слоеве” от нормален метал или изолиращ материал, които действат като потенциални бариери срещу тунелиране на свръхелектрони между плоскостите. Ако свързването между слоевете е слабо в сравнение с топлинните енергии, вихровите линии се държат по-скоро като листове “палачинкови” вихри, които взаимодействат силно във всеки слой, но съвсем слабо с тези в съседните слоеве. Палачинковите вихри е трудно да бъдат фиксирани, защото подвижните “палачинки” в един слой могат да се приплъзват спрямо фиксирани “палачинки” в съседните слоеве. Поради това ключов елемент за подобряването на свръхпроводниковото поведение е усиляването на връзките между вихрите в съседните двойни слоеве CuO_2 . Между начините за прилагане на тази стратегия са намаляване разстоянието между слоевете CuO_2 , метализиране на блокиращите слоеве чрез химическо заместване и въвеждане на дълги “стълбовидни дефекти”, които фиксират вихровите линии през множество свръхпроводящи плоскости.

РАВНОВЕСНИ ВИХРОВИ ФАЗИ

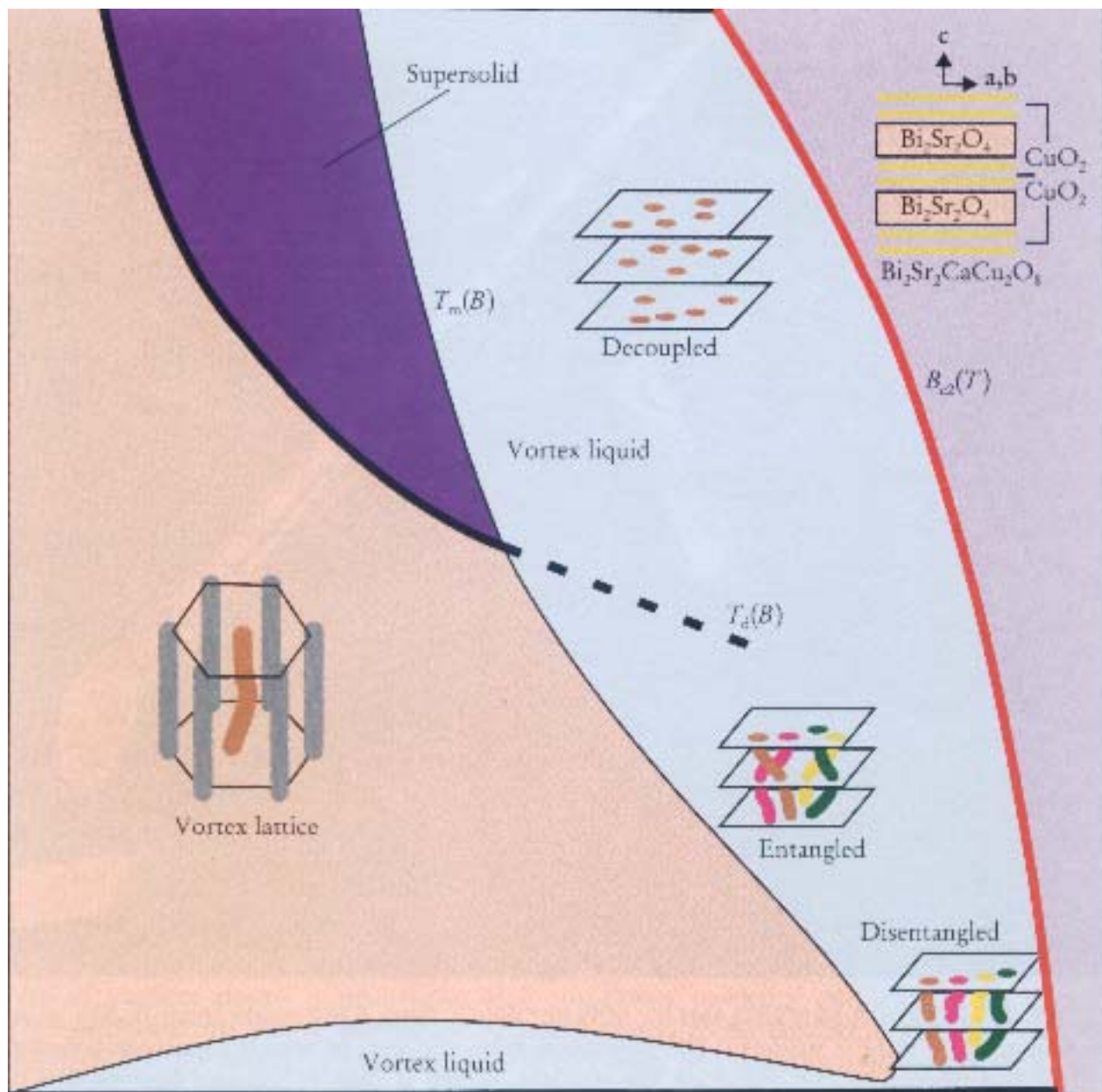
Богатото на подробности равновесно поведение на вихровите фази във ВТСП възниква вследствие конкуренцията между 4 типа енергия:

1. Топлинната енергия благоприятства възникването на вихрова течност от линии или палачинки.
2. Енергията на взаимодействие между вихрите благоприятства образуването на идеална вихрова решетка.
3. Енергията на фиксиране спомага формирането на аморфно или на стъклоподобно твърдо тяло.
4. Енергията на свързване между слоевете управлява формирането на вихрови линии от слабо взаимодействащи палачинкови вихри в съседни слоеве.

Забележително е, че всичките тези 4 типа енергия във ВТСП могат да са от един и същи порядък по интензитет, което води до безпрецедентно разнообразие от течни и твърди фази и преходи между тях. С термина “вихрово вещество” се подчертава, че вихрите са толкова сложни и разнообразни, колкото са и обикновените вещества от атоми и молекули .

Вихровото вещество представлява една прекрасна лаборатория за изследване общото поведение на фазовите преобразования. Всички съответни параметри могат да бъдат експериментално променени в широки диапазони: големината на пространствената плътност на вихрите – в рамките на много порядъци чрез променяне на магнитното поле; термичните флуктуации – чрез температурата; фиксираното безредие – чрез управляемо облъчване; енергията на свързване между плоскостите меден диоксид – чрез избора на материала. Освен това взаимодействията между отделните вихри и между тях и външен управляващ електричен ток са известни доста точно, което позволява да се създаде аналитична теория и да се правят цифрови симулации практически без неконтролируеми приближения. Тази комбинация от

достъпност, разнообразие на фазите и простота на взаимодействията е трудно да се открие в обикновеното вещество, съставено от атоми или молекули. Възниква качествено нова физика, още повече, че основните степени на свобода могат да бъдат линии вместо точки.



Фиг. 2. Равновесна фазова диаграма за чисти свръхпроводници при магнитно поле перпендикулярно на равнините на CuO_2 . Горе, вдясно е показана слоестата структура на BSCCO, съставена от двойни свръхпроводящи равнини CuO_2 и блокиращи слоеве от съединението $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{O}_4$. В областта на вихровата течност схематично са представени вихровите конфигурации на разплетени, заплетени и разединени течни фази. Долу-вляво е илюстриран клетъчният модел на вихровата решетка. При вертикална ос на

магнитната индукция B (а не на интензитета на магнитното поле H) фазата на Майснер и долното критично поле са компресирани в линията $B = 0$.

Фиг. 2 е обща фазова диаграма на еднокристални купратни материали без фиксиране. Основната слоеста структура на купратите е показана горе, вдясно. За простота разглеждаме поле, ориентирано по оста c , перпендикулярно на плоскостите CuO_2 , съдържащи направленията a и b . Представена е магнитната индукция B , пропорционална на плътността на вихрите в равнината ab , защото демагнетизиращите поправки в обикновените пластинчати кристали гарантират, че B (а не магнитното поле H) може да бъде поддържана неизменна в повечето експерименти. Прочутата вихрова решетка на Абрикосов, която съществува при всички температури под горното критично поле $B_{c2}(T)$ в теорията на слабите полета, тук се появява едва при много пониски температури, под линията на преходите на топене $T_m(B)$. При наличие на силни термични флуктуации кривата $B_{c2}(T)$ бележи началото на повишен диамагнетизъм, но не се очаква да бъде рязък фазов преход.

Тези две криви бележат границите на един нов режим на “вихрова течност”, характеризиращи се с еластични и заплетени нишки. Въпреки че дълговълновите свойства в тази област са качествено неразличими от тези на един обикновен метал (например съществува линейно омично специфично съпротивление), квантуването и заплитането на вихрите води въпреки всичко до множество важни експериментални следствия.

Фазовата диаграма на Фиг. 2 освен това е разделена от една “разединяваща линия” $T_d(B)$, над която дискретността на плоскостите меден диоксид става съществена. Над $T_d(B)$ топлинните флуктуации преодоляват връзките между плоскостите, принуждавайки вихровия сегмент между съседните плоскости да се отклонява (блуждае, мигрира) странично на разстояние, съизмеримо със средното разстояние между нишките. В такъв случай нишкоподобната природа на вихрите е по-малко важна. Поведението на тези флюксони наподобява повече на слабосвързани листови точковидни палачинкови вихри, макар запазването на пълния магнитен поток да изисква запазване на броя на палачинките в съседните слоеве. Въпреки че има съществени качествени промени при $T_d(B)$, няма причина от гледна точка на симетрията във вихровата течна фаза за това кривата $T_d(B)$ да бъде геометрично място на резки фазови преходи, точно както не е необходимо да съществува линия на внезапен фазов преход, разделяща течната и газовата фази на обикновеното вещество над критичната точка.

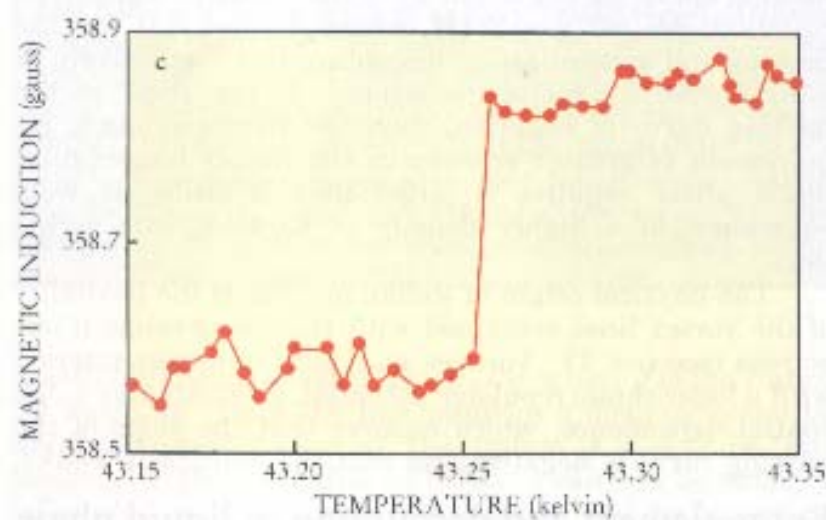
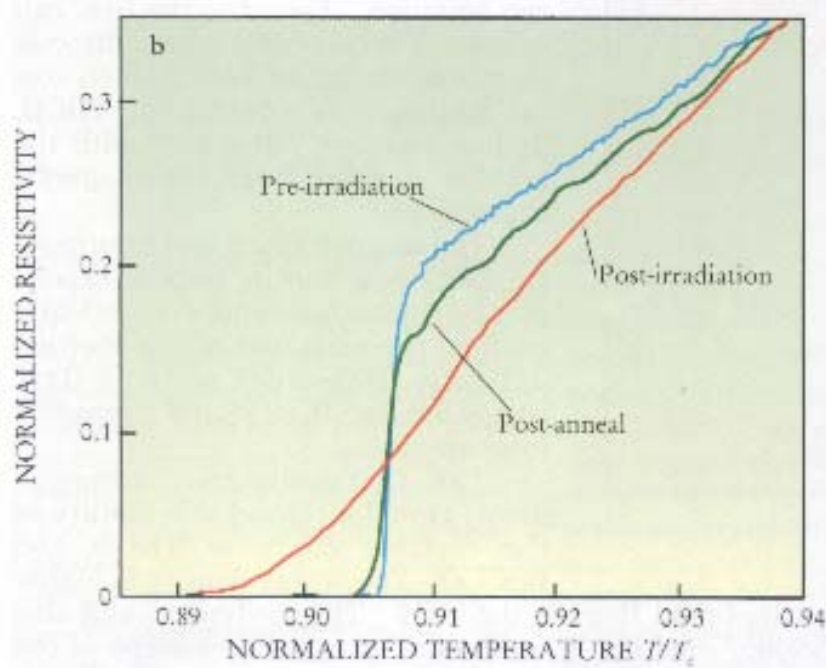
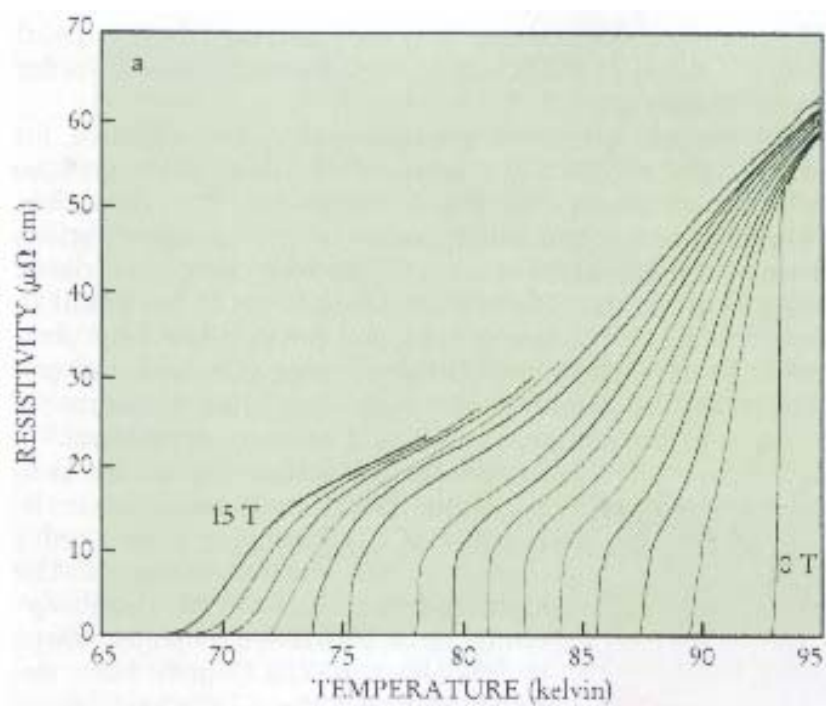
Удивително е, че продължението на $T_d(B)$ в кристалната фаза на практика е свързано с рязък фазов преход към фаза на “свърхтвърдо тяло”, дължащ се на разпространение на дефект. Съответните дефекти са нишкоподобни включения и ваканции. Такива включения имат енергии и ентропии пропорционални на техните дължини и техните свободни енергии са положителни при ниски температури, така че те не могат да се разпрострат напълно в един макроскопски образец в състояние на равновесие. Това е случаят в кристалната фаза под $T_d(B)$, където ваканциите и включенията ще се появяват само при температурно равновесие като малки, тясно свързани примки, всяка от които е съставена от свързани помежду си ваканция и нишкоподобно включение. Над $T_d(B)$ обаче ентропията на едно блуждаещо включение

(или ваканция) е достатъчна да превърне свободната му енергия в отрицателна. Тогава такива дефекти могат да станат относително дълги и да се разпрострат из целия макроскопски образец. Запазването на пълния магнитен поток (и следователно на общия брой вихрови нишки) във всеки слой от свръхпроводящия образец е решаващо за съществуването на този рязък преход на разпространение на линейни дефекти, който е подобен на разпространението на самите вихрови нишки при H_{c1} . Кристалната фаза над $T_d(B)$ се нарича свръхтвърдо тяло по аналогия с фазата, за чието съществуване се предполага, но никога не е била наблюдавана, - за квантовите кристали на хелий-4 през шестдесетте години.

ТОПЕНЕ НА ВИХРОВИЯ КРИСТАЛ

Въпреки че от общи съображения винаги се очаква топенето на вихровата решетка да става около горното критично поле, то възниква непостижимо близо до $B_{c2}(T)$ в много нискотемпературни свръхпроводници от II тип. Във ВТСП обаче има достатъчно топлинна енергия за предизвикване на топене доста под T_c . Нишкоподобната природа на вихрите, съставлящи твърдата и течната фази, придава нови характерни черти, които не се наблюдават в твърдите тела, съставени от точковидни атоми. Много от очевидните характеристики на линейното топене могат да бъдат оценени чрез един прост модел от линейни сегменти, които флукутират независимо един от друг, както е в класическия Айнщайнов модел на фононите в съставено от атоми твърдо тяло. Температурата на топене зависи съществено от гъвкавостта на линиите, което се описва от ефективната масова анизотропия $m_z/m_\perp$ на свръхпроводящите електрони. Слабата връзка между двойните CuO_2 слоеве в $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ (BSCCO) води до много гъвкави вихри с анизотропии $m_z/m_\perp$ над 100 000. Тези вихри се топят при много по-ниска температура, отколкото по-здраво свързаните вихри в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (YBCO), които са с анизотропия около 50. Унифицирането на фазовите диаграми на всички слоести свръхпроводници в една-единствена картина, която включва топенето и развързването, е огромно предизвикателство пред физиката на вихрите.

Теоретично се предполага, че замръзването до перфектна решетка би могло да стане по пътя на преход от първи порядък в чисти системи, докато замръзването до стъклоподобно твърдо тяло би бил по-постепенен процес, може би съпроводен от рязък преход от втори порядък в системи с потиснато безредие.



Фиг. 3. **Стопяване на вихровата решетка.** а) Специфичното електрично съпротивление на кристал на силно свързан $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (YBCO) рязко спада при преход на топене и спадане по гладка крива при по-интензивни полета, което говори за критическа точка. б) Специфичното електрично съпротивление на YBCO преди и след електронно облъчване за създаване на точковидни дефекти и след каляване за отстраняване на дефектите. Резкият преход при топене преди облъчването е заменен с широк преход без хистерезис в неподредения кристал. След каляването резкият преход (и хистерезис) от първи порядък е възстановен. в) Прекъсване на локалната магнитна индукция при топенето на кристал на слабо свързан BSCCO.

Топенето на вихрите е наблюдавано за пръв път от Хуго Сафар и неговите сътрудници в експерименти по пренос върху YBCO като серии от малки възпроизводими скокове в съпротивителен преход, съпроводен с хистерезис в температурната зависимост. Най-перфектните кристали показват драматично поведение на топене, както е показано на Фиг. 3а, където се вижда съпротивлението рязко да спада до нула по ясно определена траектория в равнината B - T . Спадането до нула на специфичното съпротивление е съпроводено от начало на хистерезис, очакван за преход от първи порядък, и от нелинейни криви ток-напрежение, характерни за фиксирането в твърдото вихрово състояние. При силни магнитни полета преходът е по-широк и хистерезисът изчезва, което подсказва евентуалното наличие на критична точка, в която линията на преходите от първи порядък свършва. Критични точки са възможни, защото точковидното безредие разрушава реда на постъпателното движение в кристала при най-големи линейни мащаби, като отстранява ясно определената симетрична разлика между твърдата и течна фази.

Въвеждането на контролирано точково безредие (например чрез облъчване с електрони) има драматични следствия: Резкият преход и хистерезисът изчезват при всички полета, като отстъпват пред обширен преход към нулево специфично електрично съпротивление, както е показано на Фиг. 3б. Това поведение качествено потвърждава теоретичната картина на преходи от първи порядък към сравнително идеалните вихрови решетки в чисти материали и на по-постепенни преходи към стъклоподобна фаза, когато фиксирането доминира. Все още е неясно дали точковото безредие само по себе си е достатъчно да доведе до истински фазов преход от втори порядък.

Въпреки че измерванията на преносите са ефективни за определяне разположението на линията на топене в равнината B - T , те не носят никаква информация относно термодинамичния характер на нишките. Термодинамичните измервания на промяната в намагнитването и на латентната топлина при топенето дълго време бяха смятани за безполезни, тъй като се мислеше, че ефектите са твърде слаби, за да бъдат наблюдавани. Напоследък този песимистичен възглед беше драматично променен от сложни експерименти по намагнитване и калориметрия, показващи много слаби, но измерими промени в намагнитването и ентропията при топене. На Фиг. 3в е показан скокът на локалната магнитна индукция B при топене на вихри в BSCCO, загатващ за промяна от I порядък във вихровата плътност при преход на топене. От термодинамичните данни като тези са получени скоковете на ентропията в BSCCO и

YBCO чрез уравнения на Клаузиус-Клапейрон. Неотдавна беше съобщено за първия калориметричен експеримент, при който директно е била измерена латентната топлина $T\Delta S$ при топене на вихри в YBCO, и е установено отлично съответствие с ентропията, получена при магнитния експеримент.

Данните за намагнитването и калориметричните данни са истинско изпитание (*tour de force*) за експерименталната техника и по драматичен начин потвърждават съществуването на термодинамично топене от I порядък, предсказано за пръв път от теорията и измерванията на преноса.

Термодинамичните измервания разкриват забележителна особеност на кривата на топене на YBCO и BSCCO: Плътността на вихрите е по-висока в течността отколкото в твърдото тяло. От гледна точка на термодинамиката това “леденоподобно” топене е еквивалентно на отрицателния наклон на кривата на топене, което се вижда от уравнения на Клаузиус-Клапейрон, $dH_m/dT = - \Delta S/\Delta M$, където ΔS и ΔM са прекъсванията съответно на ентропията и на намагнитването при магнитен преход от I порядък. Ако наклонът на кривата на топене е отрицателен, то термодинамичното изискване за по-голяма ентропия при по-високотемпературната течна фаза изисква и по-силно намагнитване, което е еквивалентно на по-висока плътност на парамагнитните вихрови линии.

Физическите основи на леденоподобното топене е гъвкавостта на вихровите линии, комбинирано с техните широкообхватно взаимодействие. Вихрите при типични плътности взаимодействат с един логаритмичен потенциал на отблъскване, забележително слаба пространствена зависимост, което осигурява наклонът на кривата на топене да бъде отрицателен и топенето да бъде подобно на това на леда.

ЗАПЛИТАНЕ И РАЗЕДИНЕНИЕ В ТЕЧНАТА ФАЗА

Над линията на топене на Фиг. 2 взаимодействията (и точковидното безредие) са по-маловажни и трябва да разглеждаме течност от слабо ограничени нишки. Средноквадратичното разстояние, което нишката изминава блуждаейки на разстояние z по направлението на полето, може да бъде оценено с помощта на уравнението:

$$E[r(z)] = \int_0^z \frac{1}{2g} \left(\frac{dr(z)}{dz} \right)^2 dz,$$

където E е енергията на нишката, L е нейната дължина, $r(z)$ е траекторията на един вихър и g е модулът на локалния наклон на вихъра, който отчита енергията за наклоняване на нишката спрямо посоката на външното магнитно поле. При това положение траекторията на блуждаещата нишка се дава чрез израз, подобен на този за дифузията:

$$\langle |r(z) - r(0)|^2 \rangle = (2k_B T/g)|z|.$$

Нишката “дифундира” като функция на времеподобната променлива z с “константа на дифузията” $D = k_B T/g$. Казва се, че системата е “заплетена”, в смисъл, че

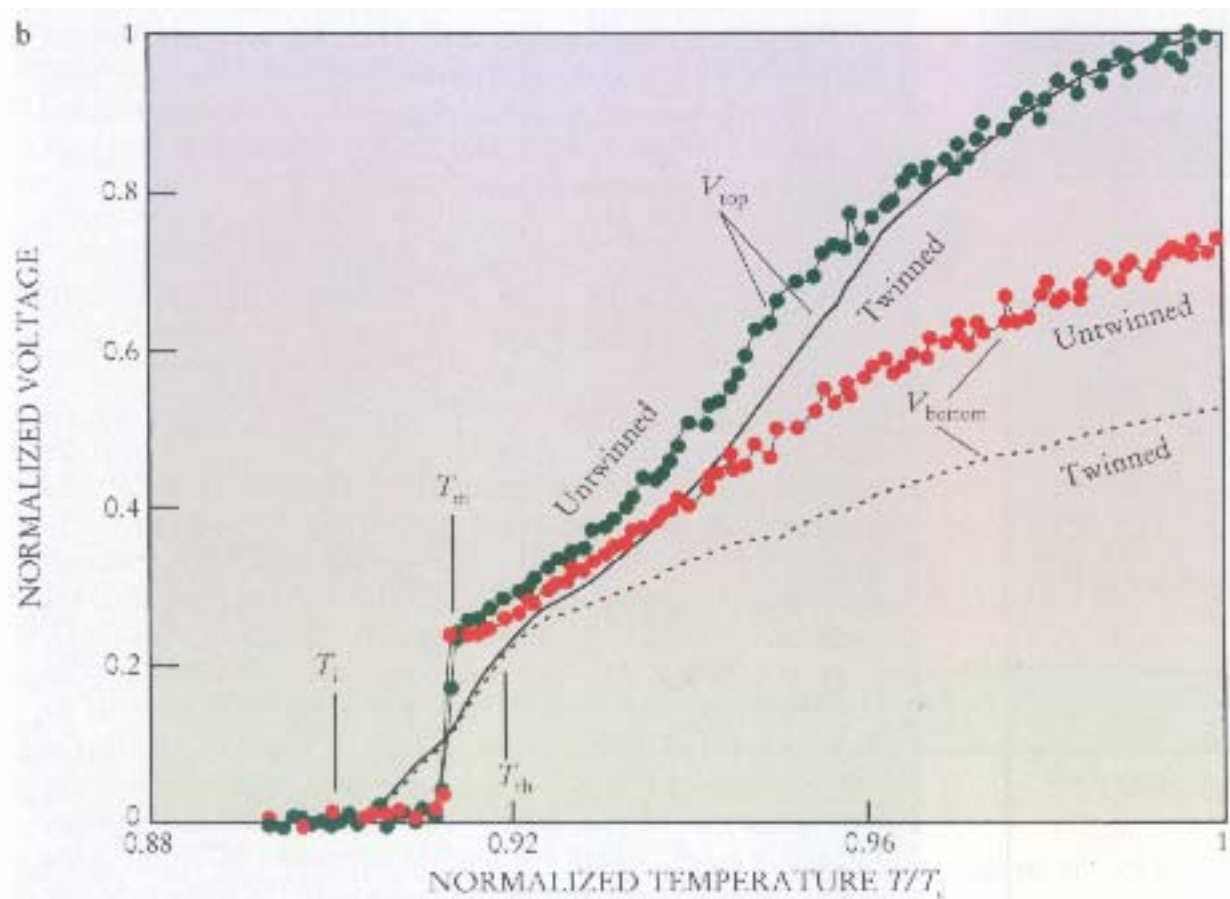
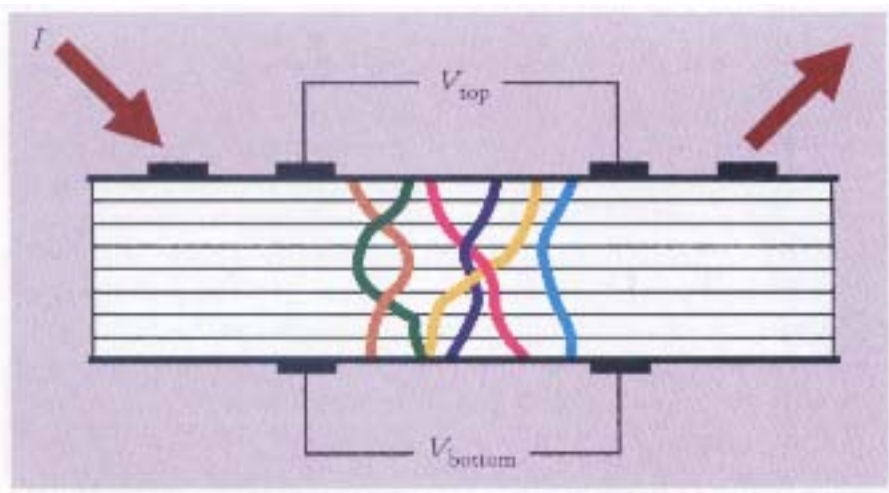
нейното поведение може вече да бъде силно повлиявано от бариерите за срязване и повторно свързване на вихровите нишки, когато нишката блуждаейки измине разстояние, равно на вътрешновихровия интервал a_0 . Дължината на заплитане l_z е разстоянието по посока на полето, необходимо на вихровата нишка, за да се придвижи, блуждаейки, на около a_0 :

$$l_z = a_0^2 g / k_B T \approx g \phi_0 / k_b T B,$$

където $a_0^2 = \phi_0 / B$ и ϕ_0 е квантът магнитен поток.

Могат да бъдат дефинирани три режима на заплитане чрез сравняване на l_z с характерни дължини в образца. Режимът на разплитане се наблюдава при слаби полета, такива, че дебелина на кристала L да е по-малка от дължината на заплитане: $B < B_{x1} = g \phi_0 / L k_B T$. Тук нишките са разплетени и свойствата са тези на флуид с къси вихрови сегменти, които лесно се приплъзват един спрямо друг. Обърнете внимание, че $B_{x1} \rightarrow 0$ в граничния случай на безкрайно малка дебелина на образца. Когато $B > B_{x1}$, вихрите се заплитат и движението на един вихър независимо от останалите изисква прекъсване на магнитния поток. Заплитането се усилва, докато B надвиши $B_{x2} = g \phi_0 / s k_B T$, което е полето, при което $l_z = s$, разстоянието между двете плоскости на CuO_2 . Тук линиите на потока са “свърхзаплетени” или разединени в смисъл, че вихрите се отклоняват на разстояние по-голямо от вътрешновихровото пространство, докато преминават от една група CuO_2 плоскости към следващата. В този режим можем да си представим потока течност като равнини на слабо взаимодействащи точковидни палачинкови вихри. Режимите разплитане, заплитане и разединение са показани на Фиг. 2.

Заплитането на вихровите нишки в потока течност може да бъде проучено чрез елегантен псевдо-трансформаторен експеримент. Както е показано на фиг. 4, електричният ток влиза и излиза през горния слой на образца и напрежението се следи чрез две симетрично разположени двойки разклонения по горната и долната повърхности. Поради анизотропната геометрия плътността на тока остава по-висока близо до горната повърхност, като създава по-голяма Лоренцова сила, движеща вихрите близо до горната повърхност. Потенциалната разлика между коя да е двойка клеми върху горната или долната повърхност дава пряк отчет за броя вихри, които преминават между тях за единица време. Разликата в напреженията между клемите върху горната и долната повърхности означава, че вихрите горе и долу се движат с различни скорости, което изисква прекъсване и повторно свързване на потока. Такова прекъсване и повторно свързване би трябвало да е особено лесно при границата на развързване на независими листове палачинкови вихри. Но в случай, че вихровите нишки са разплетени или границите пред прекъсванията на потока (и пред следващите възстановявания) са достатъчно високи, движещите се нишки ще остават непокътнати по направление на полето и няма да се наблюдава разлика в напрежението между клемите върху горната и долната повърхности.



Фиг. 4. Трансформаторен експеримент. а) Експериментална схема, с която, чрез потенциалните разлики по горната и долната повърхности на образца, се изследва кохерентността между слоевете. По V_{top} и V_{bottom} се отчита броят на вихрите, което преминават за единица време между клемите горе и долу. б) Измерени напрежения на горния и долния слоеве на кристал YBCO при трансформаторна геометрия. В кристали без дефекти горните и долните напрежения се изравняват сами при температурата на

топене T_m , белязана от рязкото спадане на двете напрежения до нула, което показва, че почти цялата течна фаза е заплетена. В кристали с планарни фиксиращи дефекти (наречени сдвоени граници) горното и долното напрежения се изравняват при T_{th} в течната фаза, което показва течен режим на разплитане между T_{th} и T_i , където твърдите вихрови форми (вероятно стъклоподобни) и напрежението внезапно изчезват.

На Фиг. 4б са показани графики на напреженията върху клемите по горната и долната повърхности на кристали YBCO с и без планарните фиксиращи дефекти, наречени сдвоени граници. Резкият спад и при двете напрежения в разсуканите образци при T_m бележи преход на замръзване от първи порядък. Двете напрежения са различни по цялата течна фаза на потока, което означава заплитане и ниски бариери пред прекъсването на потока.

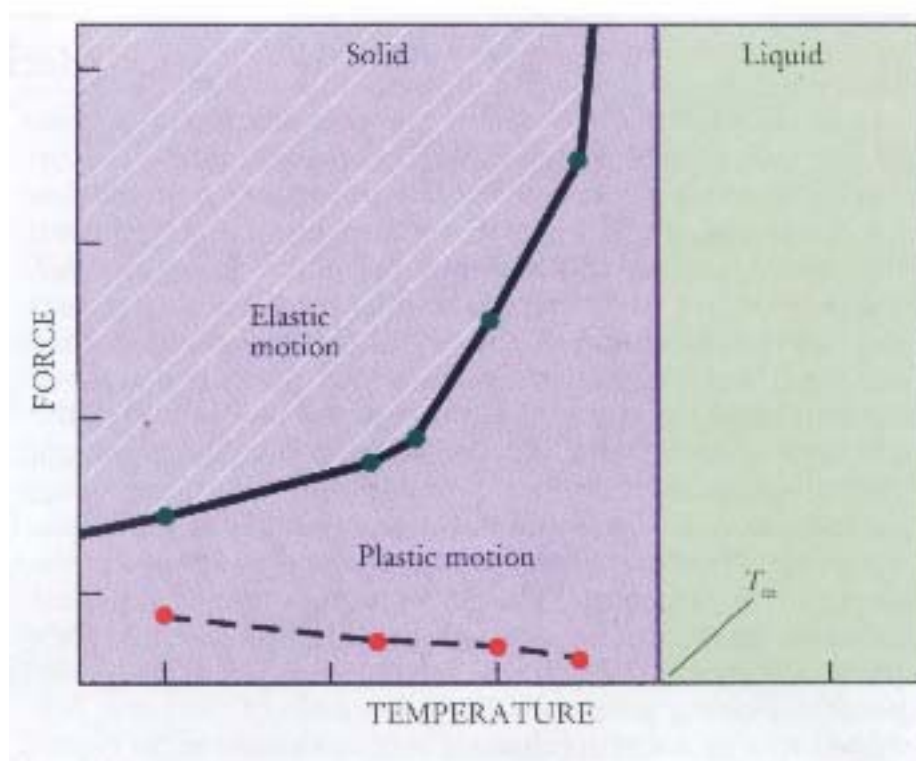
Поведението на образците със сдвоени граници е даже по-интересно. В тези кристали планарните сдвоени граници са успоредни на посоката на полето и под ъгъл $\pm 45^\circ$ спрямо посоката на тока. Такива дефекти фиксират вихрите много силно при ниски температури и се появяват при достатъчни плътности, за да разрушат вихровата решетка. В такъв случай напреженията както горе, така и долу, достигат плавно до нула при по-ниска температура T_i , подсказвайки за непрекъснат преход към стъклоподобно състояние. Интересно е обаче, че напреженията между горната и долната повърхности на образеца се изравняват при температура T_{th} , която е доста над точката, където съпротивлението изчезва. Това е и температурата, при която дисипационните свръхтокове започват да текат по оста c . Най-простата интерпретация е, че корелираното безредие, въплътено в сдвоените граници, е “сресало” линиите на потока достатъчно, за да произведе разплетен поток течност в температурния интервал $T_i < T < T_{th}$.

Дали тази разплетена вихрова течност е ясно дефинирана термодинамична фаза на безкрайната система или е ефект с крайни размери, породен от надхвърлящата дебелината на образеца дължина на заплитане? Отговор на този въпрос предлага поведението на температурите T_i и T_{th} като функция на дебелината на образеца. T_i е приблизително независима от дебелината на образеца, което говори за истински фазов преход, вероятно към стъклоподобна фаза, където вихрите са силно фиксирани от сдвоените граници. Но T_{th} зависи от дебелината, както би могло да се очаква, щом бележи равенството на дължината на заплитането с дебелината на образеца. T_{th} изглежда се доближава до T_i с увеличаване дебелината на образеца, което говори, че разплетената течност не възниква в безграничен образец. Отклоняващата се дължина на заплитане при $T \rightarrow T_i$ е съвместима с теорията на корелираното фиксиране, което предсказва непрекъснат преход към фаза на “Бозе стъкло” при ниски температури в присъствието на сдвоени граници. Блуждаещите вихрови линии имат много други важни последици, които могат да бъдат изследвани с помощта на аналогия между вихровите траектории и световните линии на квантовомеханичните бозони (Фиг. 2).

ДИНАМИЧЕН ОТКЛИК НА ВИХРИТЕ

Разнообразието на фундаменталното поведение на динамичния отклик на вихрите наподобява това на тяхната равновесна фазова диаграма и е причина за неотдавнашната бърза поява на динамиката на вихрите като независим обект на изследване. Експериментаторите и теоретиците сега разработват уреди, които са чувствителни към принуденото движение на вихрите, както и към техните равновесни конфигурации. Лесно е да се установи стационарно състояние на принудено движение в краен по размери образец, защото вихрите възникват и се разрушават естествено като необходимост по границите на образца. Вихрите демонстрират впечатляващ обхват на динамично поведение, включително лавини, динамика на хлъзгане с прекъсвания, прагове на движение, нелинейни и хистерезисни динамични отклици и пластично/еластично движение на твърди тела. Динамиката на вихрите обещава да стане силно прогресираща област поради влиянието си върху свръхпроводниковите свойства и поради осигуряването от нея вникване в управляемите динамични системи като цяло.

Важна първоначална стъпка в динамичните изследвания на вихрите е характеризирането на различните стационарни състояния на движение в една динамична фазова диаграма (Фиг. 5). При наличието на фиксиране и на ниска температура се наблюдава фаза на покой при слаба движеща сила и движеща фаза над някаква критична де-фиксираща сила. Прекъснатата линия на Фиг. 5 представя прехода от покой към движение.



Фиг. 5. **Динамична фазова диаграма** при постоянно магнитно поле на стационарно движение на вихри в случаен масив от фиксирания, получена чрез цифрово молекулярно-динамично симулиране. Вертикалната линия бележи температурата на топене на идеална вихрова матрица и е горната граница за еластично движение в

неподредено твърдо тяло. С прекъснатата линия е показано преминаването от строго фиксиране към пластично движение.

Природата на движението над критичната сила показва огромно разнообразие. В системи със случайно фиксиране движението почти винаги е пластично при движещи сили точно над критичната сила, т.е. вихрите се движат с различни скорости в различните части на системата. Това поражда пукнатини по определени равнини, където скоростта се променя непрекъснато. Чрез цифрово симулиране е показано, че пластичното движение може да приеме формата на потоци движещи се вихри, плъзгащи се между стационарни “речни брегове”, като потоците понякога са широки само колкото едно междувихрово разстояние. При по-голяма движеща сила се наблюдава очебиен преход към еластично движение и всички вихри се движат с една и съща средна скорост. (Могат да се получат локални еластични дисторсии, които изчезват в процеса на движение.) Същите еластични сили между вихрите, които създават равновесната решетка, стабилизират това динамичното състояние. Интуитивно такъв преход изглежда логичен, защото при достатъчно голяма движеща сила, фиксиращите сили, които разрушават равномерното движение, стават незначителни. Цифровото симулиране показва, че този вид динамичен фазов преход е ясно изразен в две измерения и експерименти с неутронна дифракция потвърждават, че корелационната дължина за транслационен ред в движеща си тримерна решетка нараства значително при висока скорост.

След като фазите от динамичната фазова диаграма са установени и разбрани, вниманието се насочва естествено към преходите между тях. Експериментално вече са открити примери на резки (и хистерезисни), както и на плавни, динамични преходи. Примамливо е да се търси схема за анализиране на динамични преходи чрез последователни параметри и чрез разходимостта или прекъснатостта на съответните корелативни дължини, приспособявайки идеите, които успешно са използвани при третирането на равновесните фазови преходи. Беше постигнат известен напредък в разпознаването на елементите на симетрия, които дефинират пластичните и динамичните състояния. Много слабо е застъпен анализът на динамичните фазови преходи на вихрите чрез идеи, заети от равновесни аналози. Насочеността и успехът на подобни аналитични схеми са в основата на един от най-интересните въпроси във физиката на вихрите, чиито отговори ни очакват.

Превод: Илия Русев

(George W. Crabtree & David R. Nelson, “Vortex Physics in High-Temperature Superconductors”, *Physics Today*, April 1997, pp. 38-45)

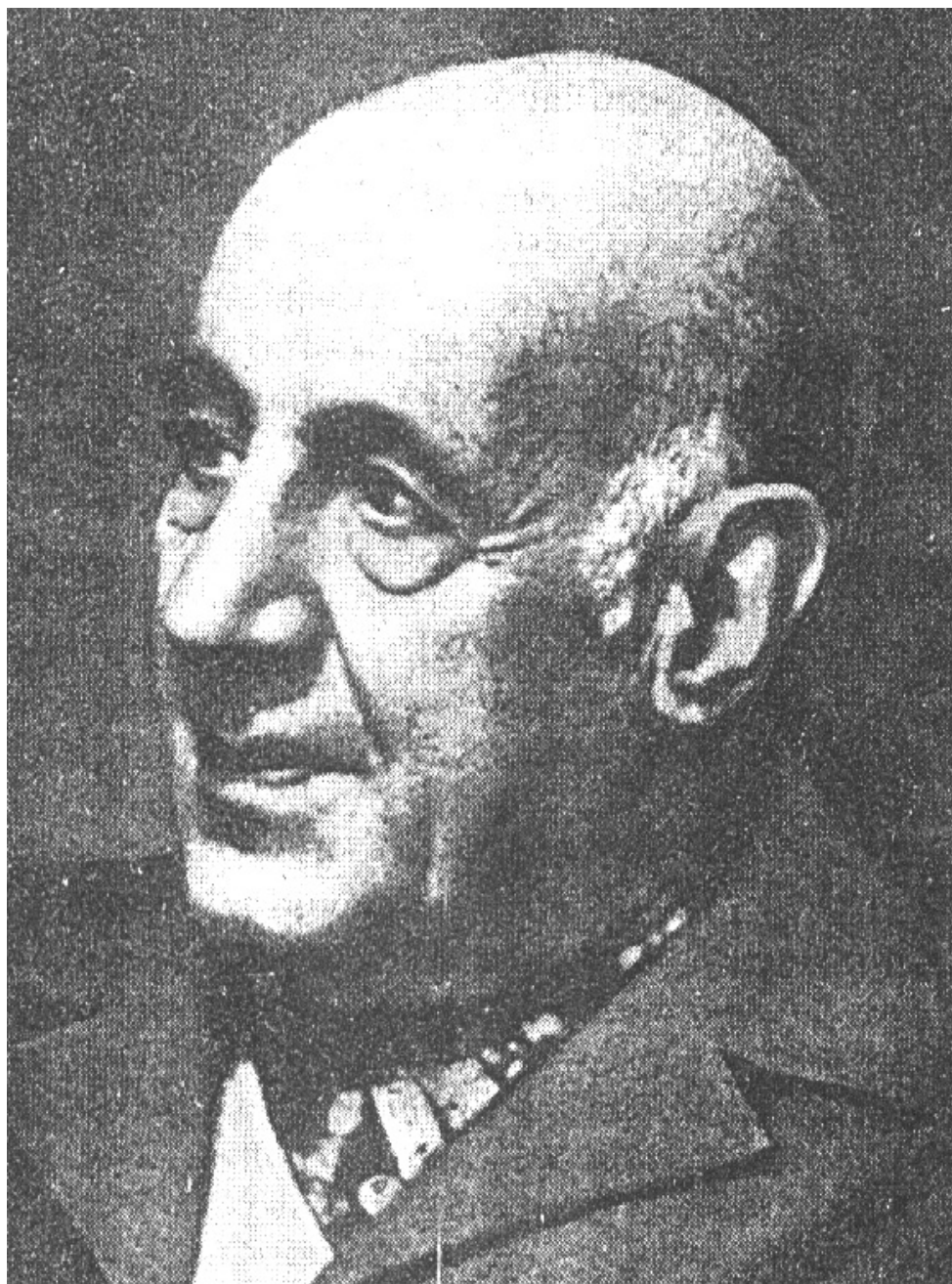
* Джордж Крабтрий е старши научен сътрудник в Отдела по материалознание на Националната лаборатория в Аргон, Илинойс.

** Дейвид Нелсън е професор по физика в Харвардския университет, Кеймбридж, Масачузетс.

За ЮРИЙ БОРИСОВИЧ РУМЕР

и из неговите “РАЗКАЗИ ... “

(по случай 100 години от рождението му)



Много от физиците, които бяха на върха на творческите си възможности в средата на 20-те години на вече изминалия век (колкото и условно и странно да е,

времето, през което мина и нашият живот, трябва вече да наричаме “изминалия век”!) и полагаха основите на съвременната квантовата физика, бяха родени в началото на века и сега, през последните години, се навършват стогодишнини от техните рождени дати. Някои отбелязахме, други – предстоят ... (точността от няколко години при такива юбилеи и такава навалица трябва да бъде приемлива, стига да не пропуснем някой ...).

С тези “Разкази ...” искаме да представим нестандартната, но ярка и искрена гледна точка на един необикновен физик с драматична съдба, много характерна за “съветските физици”, живял, творил и общувал с корифеите на своето време. Юрий Борисович Румер (1901 – 1985), е четвъртото дете на богат московски търговец, възпитаван в къщи от гувернантка - немкиня, а едва десет годишен му се отваря квота (по едно в клас!) за дете-еврейче в реално училище, което завършва като отличник. През 1917 г. постъпва като студент в математическия факултет на Петербургския университет, след година се премества в Московския университет, който поради “революционните събития” завършва през 1924 г. По това време в Московския математически факултет триумфира школата на Н. Н. Лузин, оставил трайни следи в руската математика и в случая конкретно в образованието на младия Юрий Румер. Преподава в различни московски рабфаци (“факултети за обучение на работници” – пояснение от автора за младите читатели) и сам изучава специалната и обща теория на относителността. През 1926 г. баща му, който има връзки в министерството на външната търговия, успява да му издейства двугодишна командировка в Олденбург, Германия, за получаване на диплома от политехническото висше училище. През 1929 г. той успява, с препоръка от Айнщайн и от Еренфест, да получи Лоренцова стипендия и до 1932 г. да работи като асистент на Макс Борн в Гьотинген. Там – в царството на квантовата физика – той, заедно с Едуард Телър, има основополагащи работи по квантова химия, по вълновата функция на бензола и по резонансни структури на валентните електрони. В учебниците се появяват теореми и диаграми на Румер. След завръщането си в Москва през 1932 г., с препоръчителни писма от Айнщайн, Еренфест, Борн и Шрьодингер в джоба си, той е избран за професор в Московския университет, а от 1935 г. и за старши научен сътрудник в теоретичния отдел на Физическия институт на АН. Лекциите му *Въведение във вълновата механика и спинорен анализ*, издадени като монографии, го утвърждават в първата редица на московските физици-теоретици. Той е във връзка с Ландау, когото смята за “по-голям теоретик от всички съветски физици, взети заедно”, често го посещава в Харков, но когато през 1936 г. Лев Давидович е уволнен и изгонен от Харков, тъмните облаци надвисват и над неговата глава. И наистина, и Юрий Борисович е уволнен от Московския университет, но успява да се приюти в ... Института за кожи, покровителстван от видния болшевик и пръв съратник на Сталин Лазар Мойсейевич Каганович (където по това време са се покрили като асистенти и други еврейски изгнаници - И. Я. Померанчук, Е. М. Лифшиц и други учени от подобен калибър от други специалности и със същата съдба). По това време Румер и Ландау публикуват две забележителни изследвания – първото, по теория на космическите порои, което изгражда в строга математична задача (и нейното решение) идеята на Баба - Хайтлер и Карлсон - Опенхаймер за последователни каскади на раждане на електронно-позитронни двойки и тяхната електромагнитна аниhilация, и втората – за поглъщане на високочестотен звук в диелектрици (известната формула на Ландау - Румер), която лежи в основата на съвременната фононна кинематика.

В разгара на антиционистката кампания Румер е арестуван на 28 април 1938 г., едновременно с Ландау. Една година по-късно, след решителното застъпничество на Капица, Ландау е освободен, а на Румер му се разминава с осъждане от военната

колегия на върховния съд (от 29 май 1940 г.) на 10 години лишаване от свобода, обвинен в “шпионаж” (чл. 58-6 и 58-11 от прословутия наказателен закон). Но той попада не в сибирските и колимските лагери, а в “златните клетки” – т.нар. “шарашки” в Таганрог, – лагери със специално предназначение (описани от А. И. Солженицин в “Круге первым” и “Раковой корпус”), където по това време са и А. Н. Туполев, С. Н. Каральов, В. П. Глушко, А. И. Некрасов, П. А. Валтер и др. Там той работи по проблеми на вибрациите на авиационните конструкции, автотрептенията на твърдо окачените самолетни колела и др., които лягат в основата на книгата *Теория на крилото в нестационарен поток*, написана съвместно с друг зек – академик А. И. Некрасов, но книгата излиза от печат през 1947 г. под името на само единия – излезлият вече на свобода Некрасов.

И при тези условия Румер не престава да се занимава с проблеми от областта на фундаменталната физика и се увлича по грандиозната задача по изграждане на единна теория на полето – задача, над която се блъска Айнщайн вече близо трийсет години! Румер включва електромагнитното поле в общата теория на относителността, разширявайки пространствено-времевата размерност до 5 – т.нар. от него “5-оптика”. Компактификацията на 5-тото измерение, отъждествявано с действие с период константата на Планк, осигурява калибровъчна инвариантност и води до квантуване на електричния (и магнитен) товар. Подобни идеи са били изказвани преди това от Калуца, Клайн и Фок, но скоро изоставяни.

И когато краят на присъдата му наближава, а много от “съкилийниците” му са освободени предсрочно, той попада под ударите на нов “Сталински Указ”, добавящ още 5 години на общо основание! Той е заточен на брега на река Енисей, където продължава усилено да работи по проблеми на петооптиката, квантуването на бозе- и ферми-системи, бозе-кондензация и др. Жена му, Олга Михайлова, лагерничка, за която той се оженва, вече освободена, успява да пренесе в Москва ръкописите на мъжа си и ги предава в ръцете на Ландау, Леонтович и др. Едва тогава Ландау узнава, че неговият приятел е жив и твори. И въпреки че видни тогавашни физици (включително Ландау) смятат такива конструкции за остроумни теоретични фантазии, нямащи отношение към реалността, три от тези работи, редактирани от Е. М. Лифшиц, тогава зам.-главен редактор на ЖЭТФ, са публикувани в авторитетното списание. Жизнените му условия постепенно се подобряват - той преподава в местния Учителски институт, има стая в селска къщичка, може да си набави и дърва за зимата ... При тези условия успява да направи още няколко стойностни работи – точно решение на уравнението на Навие-Стокс за струя с краен поток, въвеждане на алгебрата на спинорите в задачата на Онзангер за диполната решетка на Изинг в теорията на твърдото тяло, както и нови публикации по “5-оптика”. Посъветван от патили хора, едно лично писмо, адресирано до др. Сталин, дава основание в края на 1952 г. да бъде извикан в Москва за участие в дискусия по физическите проблеми на 5-оптиката. За съжаление московската физическа общност отказва да признае този подход и изследванията на Румер като първостепенни по важност и със световно значение. През 1953 г. обаче, след смъртта на Сталин и началото на “топенето на ледовете”, Румер е оправдан: “Делото по обвинения на Ю. Б. Румер е преразгледано от Военната Колегия на Върховния съд и по новооткрити обстоятелства от 10 юли 1954 г. е отменено осъдителното решение от 29 май 1940 г., а делото прекратено”. Той е назначен за старши научен сътрудник в Западно-Сибирския филиал на АН в Новосибирск, а година след това е реабилитирана и дипломата му на “доктор на физико-математическите науки” и професорското му звание. През 1956 г. той е вече директор на новосъздадения Институт по радиофизика и

електроника, където са привлечени младите Бородовский, Троицкий, Чеботаев и др., които превръщат института в първокласно научно учреждение. В началото на 60-те години Ландау, Лаврентиев, Каральов и др. авторитетни физици издигат кандидатурата на Румер на изборите за нови членове на Академията, но на изборите пропада.

След конфликти в Института, който ръководи, през 1964 г. той е освободен от директорския пост и преминава на работа в Института по Ядрена физика на СОАН. Прави стойностни работи по използването на свойствата на симетрии при груповата класификация на елементарните частици, принципите на симетрия за описание на физичните явления. Заедно със сътрудника си А. И. Фет написва две книги: *Теория унитарной симметрии* (1970 г.) и *Теория групп и квантованные поля* (1977 г.). Увелича се по проблемите на лингвистиката и разшифроването и класификацията на генетичния код, преподава в Новосибирския университет, но постепенно тежкия минал живот си казва думата, през 1978 г. той е пенсиониран и умира на 1 февруари 1985 г.

Сега, когато се насочваме да четем *Разказите* на Юрий Борисович Румер, нека напомним, че това са устни разкази (от първата половина на 60-те години при неговите гостувания в Москва), записани на ръка или възстановени магнетофонни записи. Нека не забравяме, че и неговите спомени, като всичко човешко са подвластни на особеностите на паметта - тя неминуемо предлага някакъв подбор от, често несъзнателно, но по своему закономерно, избрани събития. Винаги, когато се прибягва до спомени, човек търси примери от миналото, имайки предвид настоящето и насочени за (въз)действие в бъдещето. Миналото се състои от множество сами по себе си неутрални факти и спомнящият си е този, който подрежда пъзела, и натоварва тези късове с една или друга стойност. Обикновено някои факти се запазват и изпъкват, други заличават и се деформират, трети се пропускат ... Признаването, тълкуването и употребата на събитията от миналото е отговорна и не безобидна дейност. Както още навремето Бор изтъкна и в този процес, както и в квантовия микросвят, в сила е принципът на допълнителността - субектът неизбежно се намесва в обекта на познанието. Както и при възприемането - всеки читател ще "прочете" нещата въз основа на собственото си предположение ...

Но това съвсем не омаловажава стойността на *Разказите* (превод от *Успехи физических Наук*, т. 171, № 10, 2001 г.), особено когато са на такава ярка и оригинална личност като Юрий Борисович Румер.

Н. Ахабабян

ГЪОТИНГЕНСКАТА ШКОЛА

Юрий Борисович Румер

Да, имах късмета да бъда в Гьотинген в епохата на *Sturm und Drang* на теоретичната физика, когато се раждаше съвременната квантова механика и всички хора, чиито имена сега се споменават в тази връзка, тогава бяха млади и по един или друг начин попаднаха в Гьотинген. Едни живееха вече отдавна там, други бяха стажанти и пребиваваха само седмици или месеци. Но най-общо казано всички хора, които създаваха съвременната физика, по някакъв начин бяха свързани с гьотингенския кръг. Как беше станало това?

Там се оказа Макс Борн, който не беше от великите гениални физици на нашата съвременност, но той беше именно онзи човек, който, очевидно, по интуиция или исторически разбра, че физиката преминава в нова фаза. По-рано физика се създаваше в малки лаборатории, от ограничен кръг хора. Ако се погледне колко са били създателите на теоретичната физика през миналото столетие, можем да споменем Максвел, Лоренц, Кирхоф и още няколко, да кажем пет-шест човека. Те изградиха теоретичната физика на деветнадесетото столетие. А сега беше започнало такова бурно развитие, че един, двама или десетина души не биха могли да я помръднат. Ставаше дума за сто, двеста или петстотин човека и те трябваше да бъдат създадени.

Така че Макс Борн беше човекът, който създаде в Гьотинген организация, която, трябва да кажа, беше удивително мощна. Той беше сам и имаше, да кажем, пет асистенти. Хайзенберг беше негов асистент, след това той стана професор в по-малък университет (Дрезден – бел. прев.). По едно време, малко по-късно, и аз бях асистент на Борн. Ние се обучавахме взаимно. На всеки се поставяше някаква задача, всеки ставаше по-малко или повече квалифициран специалист в някаква област и всеки обучаваше другите. При това без никакъв страх. Там имаше много руснаци (освен мен и Гамов), след това французи, датчани, индуси, японци. Приказно количество и разнообразие хора.

Ние обичахме много японския физик Йошио Нишина. Този японец говореше прекрасно немски и руски и в теоретичната физика ние го чувствахме като роднина. Той беше пред нас в своето развитие, да кажем пред мен, и вършеше прекрасно своята работа. Веднъж влиза при нас и ни заявява: “Знаете ли приятели, аз ще трябва да ви напусна и да се върна в Япония”. “Защо, Нишина, какво се е случило?”. Борн помисли, че Нишина е останал без средства. “Не, какво говорите, баща ми е един от най-богатите хора в Япония. Той ми е избрал годеница и аз трябва да се върна и да се ожена за нея”. “Значи Вие я познавате и харесвате?”. “Не, баща ми я е избрал”. “Но, слушайте, драги, как така Вие, един от най-големите физици в света, ще отидете и се ожените за жена, която никога не сте виждали?”. “А как иначе, нали баща ми я е избрал!”. И Нишина си замина. Това е същият Нишина, който се споменава в книгата на Юнг [1].

Дирак често посещаваше Гьотинген. Той беше много странно момче - роден през 1902 г., - по това време беше 27-годишен. Изглеждаше като човек от бъдещето. Говореше само с потвърждения, а умът му беше така устроен, че ако не можеше да каже нещо утвърдително, той въобще не говореше – т.е. той мълчи, а след това вещае:

това е така, така и така. Ако му се отвърне “Не разбирам еди какво си”, той с удивление ще попита: “Как да ви го обясня?” – и пак повтаря, малко по-бавно, същите изречения и в същия ред, както и преди това. Той беше на върха на славата си едва триесет годишен. Веднъж Макс Борн му каза: “Слушайте, Дирак, вие сте още 28-годишен, колко ли още ценни неща ще създадете!”. А той напълно убеден отвърна: “Nothing more, никога вече нищо повече няма да направя!”. Тогава, аз добре помня, ние бяхме на разходка по Айнберг и всички се разсмяхме. А Дирак ни погледна удивен: “Защо се смеете?”. И нашият разговор замря. А той действително не направи нищо ново. Той абсолютно точно знаеше, че това, което може, вече го е направил.

Така че възпроизводството на физици в Гьотинген вървеше с необикновени темпове. Как се постигаше това?

Преди всичко необикновена, дива академична свобода. Никой никога не беше задължен да прави нещо, което той не желае. Затова – само по настроение: който работи със скокове – да работи със скокове, който иска да зубри – да зубри, който иска да се разхожда с момичета по Айнберг – да си ходи с момичета.

И колко много бяха такива разкази. Някой си е страшно влюбен в девойка и се е договорил с нея да отидат някъде. След 5 часа те се връщат смутени, тя в сълзи. Питаме – защо? Оказва се, че междувременно на него му дошла идея и след това девойката освен еее, мъъъ, еее, нищо друго не могла да чуе. На другия ден той се появява с няколко страници формули и заявява: “Вчера, разхождайки се по Айнберг, знаете ли какво измислих? Ето това и това!”. И “това и това” днес влиза във всички учебници.

По това време в Гьотинген живееше един от най-големите математици на всички времена и народи – Давид Хилберт. И той се отличаваше с това, че бавното му мислене минаваше всякакви граници. Тоест, той съобразяваше толкова бавно и трудно, че не го допускаха до нито едно заседание, защото започваше да задава такива глупави въпроси, че проваляше цялата работа. Казваха му: “Стойте си в къщи, ще минем и без Вас, а след това ще дойдем да Ви обясним как стоят нещата”. И по ред ходеха да му обясняват. Но когато разбираше – разбираше великолепно.

От друга страна имаше и противоположните примери. Имаше един такъв – Янчик (Джон) фон Нойман, почина неотдавна, принстънски професор [2]. Той е син на банкер от Будапеща. Веднъж, когато бил на 12 години, баща му забелязал, че синът му има математически способности. И ангажирал за негови учители най-добрите професори по математика в университета. Така че, вече 17-годишен, един Бог знае колко и какви знания е имал в главата си. И този човек притежаваше особеността, която наричахме “свърхпроводимост” – бързината на съобразяването му беше напълно феноменална. Той съобразяваше моментално, при това във всички области на знанието – и в математиката, и в теоретичната физика, и в астрофизиката, и във всякакви други области. Химията владееше прекрасно, навсякъде се чувстваше като у дома си. Но в края на краищата не създаде нищо, съответстващо на таланта му. Той бе много известен математик, учен с големи заслуги. Последните 5 години преди смъртта си се занимаваше с конструирането на кибернетичните машини и разработи цяла наука за сходството между мозъка и машините. Ето ви пример на човек със свърхпроводимост.

В Гьотинген трудно съобразяващите и свърхпоровдящите съжителстваха прекрасно, взаимодействайки помежду си.

Малко по-късно в Гьотинген от Лайпциг пристигна Едуард Телър, унгарски еврей. Колосално впечатление ни направи неговата интуиция, неговите знания и главно – абсолютната му готовност да напише докторска дисертация за всеки човек, пожелал това, и то веднага! Той не намираше в това - да пишеш дисертация за приятел - нищо осъдително. За една девойка, жена на наш приятел, той написа докторска дисертация, тя я защити и сега е доктор в Америка. Той притежаваше удивителната способност да създава ученици около себе си.

Такава беше изумителната обстановка в Гьотинген.

Руският физик Гамов също беше странен човек. Той говореше на някакъв невероятен немски език, който наричахме Gamov-Deutsch. Рисуваше прекрасно шегите на Mickey Mouse, беше страшно остроумен и се отличаваше с диво математическо невежество. Но пък чувстваше и изчисляваше всичко на пръсти. Затова в Гьотинген не го признаваха много, смятаха, че в него няма нищо особено. Но когато попадна при Борн, той го откри. И ако не през 30-те, то през 50-те години Борн предлагаше за Нобелова награда четирима физици: Хайзенберг и Паули, създали квантовата физика, Ландау - за виртуозното владение на апарата и Гамов - за умението му всичко да пресмята на пръсти. И това, което правеше Гамов на палци, довеждаше до възторг Борн, който не разбираше нищо от това.

С Ферми стана нещо напълно подобно, но вече съвсем комично. Бях асистент на Борн и при него пристигна един първокласен физик. Във всеки случай по-добър от Ландау, – Ферми. Той е мой връстник. Беше партийен човек, даже в Гьотинген ходеше с черна фашистка риза и предизвикваше страх у италианците [3], които в Германия си позволяваха да си развържат езика повечко. Един от тях, Джанкарло Вик, обиколи всички познати и ги молеше: “Пристигна Ферми. За Бога, не му казвайте какви глупости съм ви говорил!”. И този Ферми, един от гениите, нямаше никакъв контакт с Борн. Борн въобще не го разбираше, смяташе, че той е “нищо”. И Ферми се мота в Гьотинген месец-два, без да напише нито една работа. Замина при Еренфест в Холандия и там дявол знае какво написа, но се озова на върха на науката.

Ето и още няколко епизода, характеризиращи тази изумителна Гьотингенска обстановка.

Появи се в нашия кръг, в нашия пансион, нов човек – Чандрасекар, племенник на Раман, индус с извънредна негроидна природа. Той е с дравидически произход и наистина много прилича на негр. Ние се сприятелихме много с него и бързо разбрахме, че той е човек на високия полет, с голям талант и дълбоки знания. И той стана наш близък приятел. След като се настани и заживя при нас, седмица-две по-късно от Америка, щата Юта, пристигна професор по математика от тамошния университет в Солт-Лейк-Сити. Той носеше писмо от губернатора с официален печат, в който губернаторът молеше всеки, към когото се обърне този професор, да му помага.

Ние искахме да разберем как в американските университети наричат собствените функции, защото по това време в английските издания се употребяваше немският термин *Eigenfunktion*. Когато започнахме да го разпитваме, разбрахме, че този американски професор не знае не само как се наричат те на английски, но въобще не е чувал за собствени функции. Изясни се, че той е някакъв съвършено невеж тип.

И ето, ние сядаме на общата маса за обед, пристига Чандрасекар, ръкува се с всички и сяда на своето място. Изведнъж този американски професор скача, отива при хазайката и заявява, че той с цветнокож на една маса не може да седи. Тогава дребничкият Хайтлер сваля часовника от ръката си и се обръща с вежлива молба към г-жа Грунау: “Сега е дванайсет без двацет. В дванайсет този професор трябва да напусне пансиона. Госпожо, побързайте, защото в противен случай ние всички ще напуснем пансиона!”. Тя започва да плаче, разказва какви усилия е положила, за да открие пансиона, че мъжът ѝ е бил заложник при белгийците, които го разкарвали по влаковете, за да не ги взривят. “Вие ще разорите добрата женица!”. “Госпожо, продължава Хайтлер, ние ви съчувстваме. Но минутите изтичат. Вече е дванайсет без осем. Побързайте да го изгоните”. И наистина, в дванайсет без две минути, с два куфара, професорът от Америка напусна пансиона на фрау Грунау. И вече не го видяхме.

Един ден при мен в пансиона дойдоха двама работници и казах: “Ние знаем, че Вие сте от Русия и мислим, че можете да ни разкажете какво става там, как протича животът. Ще се съберем в къщи, ще дойдат няколко приятели, ще пийнем кафе, ще поседим и т.н.” Поканата ми се стори привлекателна и аз отидох. И разказах. Там бяха петнайсетина човека. И се върнах в къщи.

След два дена получавам призовка да се явя в криминалната полиция, за да дам обяснение. Отидох при Макс Борн и му казах за случилото се. Борн се занимаваше с теоретична физика, от практическия живот, разбира се, беше далеч. Повика фрау Борн. Тя ме изслуша и каза: “Отричате всичко, нищо не признавайте. Иначе могат да Ви изгонят. Уверявам Ви, че така нищо няма да Ви се случи.”. Отивам в полицията. Kriminalrat ме приема: “Седнете, вие сте гост на тази страна. Вие сте дошли при хер професор Борн, имате Лоренцова стипендия. Вие сте учен човек. Защо се занимавате с комунистическа пропаганда?”. – “Аз? Какво говорите, хер Kriminalrat. За какъв ме вземате?”. – “Но как? Нали сте били там?”. – “Нищо подобно. Това е клевета срещу честен човек. Но ние сме в Гьотинген. Как е възможно така да се клевети. Аз съм възмутен. Нима мислите, че имам време да се мотая, и т.н.”. “Но на нас със сигурност ни е известно ... “. Разговорът обаче беше мек и той нищо не ми направи. Да бъда бит? Не беше прието. След двацет минутен подобен разговор, при който аз всичко отричах и се оплаках, че съм бил оклеветен, той ми каза: “Мисля, че трябва да се извиня и да смятаме случая за приключен.”. Стиснахме си ръцете. Връщам се при Борн и му казвам, че всичко е приключило благополучно, а фрау Борн се радва: “Нали Ви казах!”.

СРЕЩИ С АЙНЩАЙН И РАБОТИ ПО ПЕТООПТИКА

В Гьотинген написах първата си работа, посветена на петмерното обобщение на теорията на относителността (работата беше извършена напълно самостоятелно, а в Гьотинген само получи окончателния си вид). Това беше през 1929 г., а не средата на XX век, и както сега тази тема беше необикновено модна и с нея се занимаваха мнозина. В това число и Айнщайн.

Доложих тази работа в Математическото общество и тя беше напечатана в “Известия”-та на Гьотингенската академия на науките, представена от Макс Борн. Той ми каза: “Мисля, че Вие вече сте изграден учен. Разбира се, за вашето оставане тук за

още известно време ще има трудности с Вашата държава. Но мисля, че ако помоля моя приятел Алберт Айнщайн да отиде и поговори в посланика Ви, може би ще успее да уреди оставането Ви на работа при мен”.

И той изпрати тази ми работа на Айнщайн. С писмо, което тогава той не ми показа. Но аз бях вече много години негов асистент и веднъж се появи възможност да надникна в “секретните” папки на професора с писма, които обикновено не ни се показваха. Там беше написано: “Изпращам ти публикацията на един млад руснак, който много ми напомня за теб по време на твоята младост. Той има същите черти на лицето и, главно, поразително подобни на твоите коси. Ние тук го наричаме Einstein-Locke (Айнщайнова къдрица). Във всеки случай, в името на старото ни приятелство, аз те моля да използваш цялата тежест на своето име, за да може той да остане при мен на работа. За това трябва да идеш в Съветското посолство. Надявам се да ми отговориш след това”.

Борн ми каза, че е изпратил писмото и аз зачаках отговор. И той пристигна доста бързо – едно писмо за Борн и едно за мен. На Борн той пишеше: “Драги Макс, ти искаш от мен почти невъзможното. Не смятам за възможно да ида в Съветското посолство и да моля за човек, когото не съм и виждал. При това неговата работа, казано по съвест, не ме интересува и не ми се струва уникална. Поздрави от твоя приятел Алберт Айнщайн”.

А писмото до мен беше със следното съдържание: “Драги господин колега. Получих копието на Вашата статия и трябва по съвест да заявя, че тя никак не ми харесва и не смятам, че бие в целта. Не ми харесва това и това (следваха някакви математически подробности), не ми харесва също и това и това”.

Между другото, второто го нямаше в моята работа. Първото – да, но второто – не. Това неволно ме смути – как може Айнщайн да пише за неща, които там ги няма. “Във всеки случай мога да Ви кажа следното: ако Вие някога решите да се явите на конкурс за асистент или доцент по физика, съобщете ми непременно и аз ще напиша съответната препоръка, – всичко на пишеща машина. Само подписа – на ръка ...”.

Отивам при Борн и заявявам: “Получих писмо”. Той ми отговаря: “И аз получих. Покажете ми Вашето и аз ще Ви покажа моето”. Така че номерът не мина. Всичко остана както преди и аз няхах никакви контакти с Айнщайн дълго време.

Един ден в Берлин пристига Павел Сигизмундович Еренфест. В онези години на бурно развитие на теоретичната физика той имаше същата роля, каквато в руската литература навремето е играл Белински. Той беше най-великият критик на физическите теории. Ако Еренфест се интересуваше от нещо, то това се четеше. Ако той не проявеше интерес, се казваше: “А бе, Еренфест каза, че не заслужава да се чете!”. Това беше желязно правило. И този Еренфест, който еднакво живо възприемаше както новозараждащата се квантова физика, така и вече умиращата класическа физика, който можеше свободно да говори и с Борн, и с Шрьодингер, и с Дирак, и с Айнщайн на техния собствен език, сам направи малко, въпреки големия си талант. Той не беше надарен творчески, но критичната му мисъл беше необикновена.

Айнщайн, с когото Еренфест беше много близък, веднъж го попитал какво ново се чува в теоретичната физика. Разказва Еренфест: “Появиха се такива и такива работи.

Между впрочем има и такава работа – искаш ли да ти я разкажа?”. И започва да му разказва. “Но това е наистина интересно. Кой е този човек?” – пита Айнщайн. “Той е от Русия, сега работи при Борн”. “А защо нищо не ми е говорено за него? ...”. “Как така не ти е казано, та нали сам Макс Борн ти е писал специално писмо, пратил ти е копие и, доколкото знам, те е молил да направиш нещо за него”. “Но мили мой” – отвръща Айнщайн, - “нима мислиш, че чета чужди работи. Но сега вече имам представа за какво става дума, моля ти се пратете ми този човек”.

Еренфест веднага изпраща телеграма до Макс Борн, предназначена за мен: “Айнщайн Ви очаква в сряда в Берлин на Aberlandstrasse, 5”. След няколко часа получавам пощенски запис за 200 гулдена с разяснението: “Струва ми се, че руснаците в Гьотинген могат да имат финансови затруднения за отиване до Берлин. За всеки случай Ви изпращам 200 гулдена. Еренфест”.

И аз отидох в Берлин. В определения час се приближавам към обикновена къща, давана под наем. На вратата - малка табелка “Професор Алберт Айнщайн”. Звъня, заявявам на прислугата, че имам определен час за среща. Молят ме да вляза и почакам в гостната. Поразен съм от подредбата на стаята - доста безвкусна дребнобуржоазна обстановка. Огромен портрет на Теодор Херцел, основателя на ционизма. Две огромни касички, в които гостите на Айнщайн в зависимост от случая трябва да пускат по нещо ...

Влиза фрау Айнщайн и заявява, че г-н професорът скоро ще се появи. И ето влиза и той – в морска фланелка, току що завърнал се от разходка с яхтата. Бях поразен от удивително грубите месести черти на лицето. Високо чело, устни и нос, едни такива, съдържащи много месо. Протегна ръка и каза : “Айнщайн”. С известен трепет отвърнах: “Guten tag, Herr Professor”, но след това треската ми отмина, защото Айнщайн се превърна в обикновен професор, с когото вече се бях срещал. Каза ми, че Еренфест ни очаква горе и ме поведе към тавана. Айнщайн не обичал да работи в квартирата си, защото според него таванът бил много висок. И затова на тавана му бе направена специална стаичка. Еренфест ми каза: “Хайде да се опитаме да разберем Вашата работа” – и се започна това, което те наричаха *Advocatus Diabolis* (авдокат на дявола). Те изказваха възражения, надявайки се аз да отговоря. Когато не успях, а те задаваха трудни въпроси, те сами си отговаряха. След това започнаха да спорят само помежду си, опитвайки се да пробият в една или друга посока. Това трая достатъчно дълго – около два часа, и беше доста мъчително.

Картината беше следната. Еренфест лежеше по гръб на дивана, закрил очи с ръце и вещаеше като оракул “А какво мислите по този повод?”, а Айнщайн ходеше доста нервно из стаята и понякога се спираше, подпрял замислено глава на рамката на вратата и застиваше там. Неотдавна му бяха забранили да пуши, той страдеше много от това и от време на време смучеше празната си лула.

Последва телефонен звън и домакинът ни каза: “Ще имаме малко прекъсване”. Влезе някакъв човек с дълга сива брада. Айнщайн започна да разговаря с него и се разбра, че човекът е майсторът, който поправя цигулката му. Започна някакъв феноменален разговор за цигулки. Единият казваше как трябва да се направи нещо, другият – на друго мнение. Това продължи доста време, което ми даде възможност да поема дъх. След това Айнщайн каза: “Ох, да знаете колко време ми отнема този човек.

Но работата си знае като Бог!” След това разговорът тръгна по-лесно, а след малко пак му позвъниха и той каза: ”Да слизаме долу”.

Еренфест, като стар приятел на семейството, се чувстваше като у дома си, а мен ме поканиха в гостната. Появи се фрау Айнщайн и каза: ”Искам да Ви покана на обяд”. ”Благодаря, ще се радвам много” – отвърнах аз. Седя с нея, водим светски разговор, тя ме разпитва за общи гьотингенски познати. По едно време ме пита, разбирам ли от стихове. ”Не знам, може би малко” - отвърщам аз. ”Искам да ви покажа едни стихотворения”, казва тя и ми дава някакви стихове на немски в стил Стефан Георг, нещо от типа на лош Брюсов, само че на немски. ”Това са стихове, писани от моята дъщеря” – обяснява тя.

Със стиховете в ръце ме заварва Еренфест: ”Тя вече Ви даде да четете тези стихове? Захвърлете ги! Те сигурно нищо не струват и едва ли представляват интерес за Вас. И въобще, защо още стърчите тук?”. ”Защото фрау Айнщайн ме покани на обяд”, обяснявам аз. ”Не трябва да оставате – откажете се”, увещава ме Еренфест. ”Сега на масата ние ще говорим и решаваме неща за Вас и Вие само ще ни пречите”. Обръщам се към фрау Айнщайн: ”Благодаря Ви фрау професор, за мен беше голяма чест поканата Ви, но ще обядвам на друго място”, но тя възразява категорично: ”В никакъв случай, оставате! След десерта те ще отидат в билиардната зала и там ще си говорят за вас”.

И така, ние се настаняваме на масата – фрау Айнщайн, Айнщайн, Еренфест и аз. Фрау Айнщайн обяснява, че в моя чест е сварила ”руски щи”. Разбира се, супата нямаше нищо общо с руските щи, но си хапнахме немска зелева чорба.

Понякога разговорът беше общ, но често Еренфест и Айнщайн се впускаха в необичайно горещи спорове по някакви проблеми на електромагнитното поле. Еренфест възкликваше ”Но, Алберт, ти трябва да разбираш електромагнитното поле ...”, а Айнщайн го пресичаше ”Но, Paul, ти пък какво разбираш от електромагнитното поле!”. А на мен ми беше казано, че за резултатите от нашите разговори ще мога да узная на колоквиума в Берлинския университет, който ще се проведе след два дена.

На тръгване Павел Сигизмундович ми казва: ”Тук беше Яков Илич Френкел с жена си, която не му даваше да работи. Тя се интересуваше само от пребиваването им в чужбина, а не от неговата работа. Вие сте тук с жена си, затова аз искам да се запозная с нея. По известни причини аз моля да ми я представите”. ”Професоре, това може да се осъществи много лесно!”- отвърщам аз. ”Не съм Ви никакъв професор и ми отговаряйте на руски. Аз съм Павел Сигизмундович и така ме наричайте! А сега се постарайте да ми представите жена си!”. ”Сега ще ѝ позвъня и тя веднага ще дойде ...”. ”Вие да не сте полудели! Да дойде у Айнщайн и след това да разправа на приятелките си, че е била у Айнщайн? Нека да чака на еди-коя си станция на метрото. Ние ще отидем при нея”.

И така ние отиваме на посочената станция на метрото, където ни чака жена ми Мила. ”Да се запознаем – Еренфест, вие вероятно сте чували за мен?”. А тя отвърща: ”Да, много”. ”И какво сте чували?”. – ”Казват, че сте голям чуждак, и въобще за Вас се разказват много анекдоти, които аз зная”. – ”Вярвам ви. Да идем в кафенето да пием кафе със сладолед!”. Сядаме, той ни гледа и казва: ”Нося снимки на децата си. Освен Тая, която вие знаете от Гьотинген, имам още една дъщеря – Галя и син Павлик.

Вижте ги, какво ще кажете за тях?”. А след това: ”Е, добре, тръгвайте си деца мои, а Вие ще трябва да се явите при мен на колоквиума в Берлинския университет”.

След два дена аз се появявам там ... и просто не мога да го позная. Не проявява никакъв интерес към мен и ме пита: ”А Вие за какво сте тук?”. ”Вие ми казахте да дойда и ето аз съм тук”. ”Е, добре. Връщате се в Гьотинген и кажете на Таня, че на връщане от Ленинград ще мина през Гьотинген. Довиждане, много съм зает”.

Връщам се в Гьотинген, без да разбирам абсолютно нищо. Разказвам всичко подробно на Борн: ”Даже Еренфест искаше да се запознае и с жена ми ...”. ”Ще почакаме, ще видим” – казва Борн. И след няколко дни пристига писмо от Лайден до куратора на фонда Лоренц, подписано от Еренфест и Айнщайн, с което известяват, че съм командирован за две и половина години при професор Борн.

По-късно, на път за Рига, написах писмо на Айнщайн, че бих искал да му покажа друга своя работа. Отидох у тях, той ме посрещна, но ме прие в гостната, в таванския кабинен не бях поканен. Показах му новата си работа по квантова теория на валентността. Той ми каза: ”Тази работа е тривиална. В нея няма никаква нова идея и не ме интересува. И не разбирам какво искате от мен”.

Казано накратко, втората ми среща с Айнщайн не беше сполучлива и повече с него не сме се срещали.

Айнщайн беше в апогея на славата си някъде към средата на 20-те години. Той имаше изключително щастливо научно творчество. Във всичко, с което се захващаше, той правеше гигантски открития и по своята резултатност, вероятно, е един от първите физици в света. И цялото му това творчество е свързано с периода от 1905 г. до 1925 г. А след това последваха огромни затруднения.

Работата е в това, че едно от най-великите постижения на Айнщайн беше създаването на съвременната теория на притеглянето, той първи даде отговор какво е това притегляне. И тази теория на Айнщайн е неговото най-велико творение. Айнщайн винаги е казвал: ”Аз никак не разбирам защо ме превъзнасят като създател на специалната теория на относителността. Без мене, след година Поанкаре би я създал, след две години – Минковски. В края на краищата Лоренц направи повече от половината в тази насока. Моите заслуги тук съвсем не са големи. Но що се отнася до теорията на притеглянето, то аз почти съм уверен, че ако не бях аз, и до днес никой не би я открил”.

И така към 1925 г. пред Айнщайн с цялата си широта застана въпросът за обединението на електромагнитното поле с полето на привличане в единно поле. Това е проблемът на изграждането на единната теория на полето, с която той започна да се занимава от тогава. И престана да се занимава с нея в годината на смъртта си - 1955 г. На този проблем той посвети последните трийсет години от живота си. Това беше велика творческа трагедия. Защото нищо не се получаваше. Той публикуваше работи и това бяха айнщайновски работи, които през първите пет години се четяха. След това между 30-те и 40-те години ги даваха на асистентите да ги разгледат и разкажат. През последните 10 години вече никой не ги четеше. Това беше крах на научното мислене.

Изглежда природата го беше щедро наградила така, че до 25-та си година да може да прави всичко, а след това да заседне на този проблем.

Моята работа беше една от работите в областта на единната теория на полето. Точно по това време бурно се развиваше квантовата механика. В Гьотинген бяха и Хайзенберг, и Дирак, и Шрьодингер. Изграждаше се съвременната квантова механика. А за проблема на единната теория на полето, както и сега, никой не искаше да слуша. А Айнщайн беше запален по нея до края на живота си. Затова, когато се появи моята работа, Айнщайн ужасно искаше да се хване за нея. Но този проблем и до ден днешен не е решен. Битува мнение, че без съществено нови идеи проблемът не може да бъде решен. А Айнщайн смяташе, че нови идеи не са необходими. Защо мислеше така? Защото Айнщайн, който е един от най-великите революционери в науката, в светлината на своето историческо значение е епигон. Айнщайн блестящо завърши класическата физика, започната от Нютон, продължена от Максвел и завършена от Айнщайн. Независимо че той въведе теорията на квантите в оптиката, създаде квантовата теория на светлината, независимо че последните му работи са посветени на квантовата статистика – на Бозе-Айнщайн, сам той се отнасяше към квантите извънредно скептично и даже враждебно. Той винаги споделяше мнението, че квантовата теория е нещо случайно, схващано повърхностно, а истинското решение на квантовия проблем е на съвършено друг път. И в това отношение той беше съвършено самотен.

Оттогава дълго време с този проблем не се занимавах и се върнах към него, когато бях по лагерите. Започнаха да се раждат нови идеи [4]. Три-четири години преди излизането ми на свобода аз подготвих няколко публикации и жена ми Оля, когато мен ме преместваха по етапен ред в Енисейск, ги предаде на Ландау. Не можете да си представите колко е бил възмутен от тези работи Ландау: “Бедният Румочка, той съвсем се е смахнал, но какво друго му остава ...” и т.н. Но все пак решили – не само Ландау, но и Скобелцин, и Вавилов, – имайки предвид и моето състояние, да публикуват работите. Трябва да кажа, че след това написах и книга по този проблем и макар че имаше и някои доброжелателни отзиви от големи учени, работата не потръгна, както впрочем и при Айнщайн.

Трудността беше в това, че аз имах претенцията, че съм намерил верен път там, където толкова време Айнщайн усилено търсеше. И тази претенция е много голяма и погубва всичко. Въпреки че някои хора смятат, че в това отношение аз съм постигнал нещо, преди 5 години се зарекох вече да не публикувам нищо по този проблем. Но все пак наруших това правило. В моята монография се получава, че спинът на електрона трябва да бъде 3 пъти по-голям, отколкото се получава от опита, което е явно несъответствие. Приятелите ми, например Витя Гинзбург, ме съветваха и даже подсказваха как да оправя това, защото е неудобно да се публикува монография с такъв извод. Но аз издържах и казах “не” – щом така се получава, нека и така да остане.

През 1956 г. в Москва ме запознаха с пребиваващия там голям американски теоретик Дайсън. Той явно се интересуваше от моите работи, беше реферирал някои от тях в специално списание, посветено на теоретичната физика. Всъщност работите ми бяха девет. На първата той беше посветил 5 реда, на втората - 10, на петата – вече 20 реда, но след това броят на редовете наново постепенно намаляваше. Той беше съвсем млад човек, стисна ми ръка: “Ах, значи това сте вие! Аз много се интересувах за Вас, но

нещата не вървят и *wieder nichts*”. “Знаете ли, аз сега търся решение с трудността за спина на електрона” – отговарям аз. Но тъй като се опитвах да говоря с него на английски (а аз не съм добре с този език), а той ми отговаряше на руски (който Дайсън знае колкото аз английски), разговорът се сведе до това, да му се обадя, когато се получи нещо.

И ето, че през 1958 г. около мен се появи необикновено талантлив ученик – Валерий Покровски. Появи се слушател, който разбираше всичко не по-зле от мен. Това ми даде възможност да приведа нещата в ред. Нарушавайки своето правило, тогава – през 1958 г. – аз публикувах своето допълнително – десето – съобщение по тази тема, в което се разясняваше всичко, и “*wieder nichts*”.

И оттогава вече никога не нарушавам това правило.

Превод: **Н. Ахабабян**

(УФН, т. 171 (2001) № 10, стр.1137-1142)

Бележки

[1] Има се предвид известната книга на Роберт Юнг “По-ярко от хиляди слънца”. Иширо Нишина (1890 – 1957) се смята основателно за “баща” на японската ядрена физика. Още в Гьотинген той има значителни приноси в квантовата физика и физиката на елементарните частици. Извежда формулата за разсейване на електрони при Комптъновия ефект (формулата на Клайн-Нишина). След завръщането си в Япония ръководи построяването на първия японски циклотрон (1937 г.), показва, че Торий-232 се дели от бързи неутрони, открива Уран-237 (1940 г.). Той е първият японски учен, посетил Хиросима след атомната бомбардировка през август 1945 г.

[2] Янош (Джон) фон Нойман – със значими приноси в областите на математичната логика, теорията на групите, алгебрата на операторите, теорията на игрите, аксиоматичната теория на автоматите и теорията на изчислителните машини; както и в квантовата физика.

[3] Тук има забележка в руския текст: “Но, конечно, это потом стало совсем не так”.

[4] Предлагаше се нашето пространство да се смята за петмерно, като петата координата е изменяща се (циклично) в крайни граници. Подобни идеи са били подхвърляни преди това от Т. Kaluza, О. Klein и В. Фок и се развиват активно днес. Авторите на някои от публикациите се позовават и на Ю. Б. Румер.

ЦИВИЛИЗАЦИОННИЯТ ИЗБОР НА БЪЛГАРИЯ *

Симеон Ангелов

Има нещо общо между елитната наука и големия спорт – талантливите играчи. Само тогава ще забележат, разпознаят и признаят страната, за която те се състезават. “Ментетата” и в двете области имат къс живот. За по-бързото им и ефикасно елиминиране спомагат подвижността и липсата на огради – две условия, осигуряващи прилагането на общовалидни, строги и обективни критерии за оценка. Опитите за самоограждане със стени като Китайската или Берлинската водят в крайна сметка до упадък на спорта, но още в по-голяма степен – на науката в съответната “кошара”. Китай в условията на вековна културна изолация и пълно господство на централизираната имперска бюрокрация над целия обществен и културен живот загубва бавно, но сигурно водачеството в науката през XIV век. В кошарата на Сталин нямаше място за научен спор с фантазмагориите на Лисенко и това бе заплатено с елиминирането на бившия СССР от участие в “големия пробив” на биологичната наука в началото на 50-те години на XX век. Нищо по-добро нямаше да очаква и германската наука – водеща в Европа преди Втората световна война, - ако нацизмът, разделил физиката на арийска (Филип Ленарт) и еврейска (Алберт Айнщайн), бе останал по-дълго време на власт. Впрочем бедите, които причини Хитлер не само на германската, но и на европейската наука, прогонвайки в Америка мнозинството от създателите на квантовата физика, са достатъчно големи. Именно благодарение на него европейското научно “ноу-хау” беше използвано и превърнато от САЩ в стоките, които днес определят облика на потреблението в целия свят.

Изчерпателна ли е такава гледна точка? Щяха ли учените да постигнат същото, което постигнаха в Америка, ако бяха останали в Европа? Отговорът на тези въпроси не е прост. Елементарната предпазливост ще ни насочи по-скоро към хипотезата, че и тук, както в много други дейности, за пълното щастие са нужни “двама”. В разглеждания от нас случай става дума за учени (наука), от една страна, и за подходяща икономическа и политическа среда, от друга. Очевидно именно в Съединените щати и именно в посочения момент необходимата за благоприятна реакция пропорция е била налице и в състояние да отключи бурното следвоенно развитие, на чиито резултати сме свидетели и днес. И тук свършва аналогията със спорта. Опитът на СССР, ГДР, че и на България преди 10 ноември показва, че е по-лесно да се намери компромис между физическото развитие на личността и липсата на политическа свобода, отколкото да се накара интелектът да работи като “производителна сила” при централизиран контрол и ограничена конкуренция.

Така или иначе, противно на разпространеното схващане, че бидейки неразбираема за широката публика и дори за интелектуалците с хуманитарно образование науката едва ли би могла да повлияе върху престижа на една страна в чужбина, ще кажем, че в случая важи поговорката: “По дрехите посрещат, по ума изпращат”. Наистина, световният масов печат рядко ще задели страница за науката и учените на малките страни. Ако в някоя от тях няма война и терористи не хвърлят бомби иззад всеки тъгъл, по-вероятно е да пишат, (ако изобщо пишат!) за футболисти и оперни певци, че и за писатели дори, отколкото за учени и наука. Такива са законите на жанра и това се знае от всички. Много по-трудно външният наблюдател открива изключителното място – даже в масовото подсъзнание – на ролята, която страните са играли и играят в историята и практиката на научното развитие. Как се обяснява това?

Ако търсим нещо безспорно, постигнато през последните десет години в България, то е направеният “цивилизационен избор” или свързването на политическите идеи за бъдещето на България с Европейския съюз и НАТО. Всеки – от президента до

обикновения читател на всекидневниците – го споделя, но какво е споделяното от всички съдържание на това понятие? И без специално проучване може да се приеме, че става дума за геостратегическите предимства на този избор. Или най-общо казано – за съзнанието, че просперитет и модерно развитие на Балканския регион, в който България заема централно място, може да се осъществи само по пътя на сътрудничеството и интеграцията със Западна Европа и нейното трансатлантическо продължение – Съединените щати. Това е преди всичко политически избор, който с кураж бе защитаван от президента Желев и впоследствие практически беше закрепен от правителството на Иван Костов. Чрез този акт България направи крачка в благоприятна за нея посока, но както винаги при подобно стратегическо решение остават безброй проблеми около осъществяването му. В книгата си “Идеята за Европа през вековете”, издадена през 1999 г. в София, Стефан Попов разказва за първата среща на европейските интелектуалци след Втората световна война в Женева с участието на един-единствен представител на победена Германия – философът Карл Ясперс, който характеризира идеята за Европа с три взаимно свързани понятия: свобода, история, наука! Именно европейската цивилизация създава и утвърждава, първоначално в няколко страни от западната част на континента, така наречения модерен свят. Подобна фундаментална по мащаб, дълбочина и последствия за всички части на земното кълбо промяна няма аналог в човешката история. След големите нашествия на сарацини, викинги и хуни, т.е. от XI век насетне, в Западна Европа се наблюдава процес на непрекъснато развитие практически във всички области. Населението нараства, развива се търговията, усъвършенстват се различни техники като например шлифоването на стъкла или измерването на времето с механични часовници. Някои автори¹ смятат, че откриването на способността на изпъкналите лещи да компенсират старческото далекогледство (пресбиопията) изиграва важна роля за създаване на основите на модерната индустрия. Лещите практически удвояват активния живот на квалифицираните европейски занаятчии. Един майстор, който губи точността на зрението си на 35-40 години, има по-малък шанс да остави значително наследство от умения и произведения в сравнение с въоръжения, макар и с примитивни очила, 50-60-годишен колега. Светската мисъл се еманципира от църковните догми, натрупват се емпирични знания, които ще се окажат неоценими за възраждането и преосмислянето на гръцката наука, а по-нататък – и за развитието ѝ в свършено нови направления. Като процес и епоха Възраждането – вече с главна буква! – ускорява тази всичко обхващаща еволюция, довела до научната революция през XVI и индустриалната през XVIII век. В другите цивилизационни ареали не се наблюдава нищо подобно. Индия, въпреки големите начални пробиви в науката, философията и културата, започва да запада още от VIII век. Прогресът на арабо-мюсюлманския свят се забавя след XI-XIII век. Китай, както вече беше отбелязано по-горе, спира развитието си от XIV век нататък.

Каква е причината само Европа да роди модерната наука и индустрия? Защо това не става в арабските страни, които впрочем запазват и развиват гръцкото научно наследство и го предават на западните средновековни ерудити? По каква причина Индия и Китай, достигнали завидни хоризонти в знанието и технологиите (общоизвестно е, че стрелото, компасът, хартията, коприната, барутът, порцеланът са пренесени в още доста варварска Европа именно откъм Поднебесната империя), не осъществяват невероятния пробив към модерния свят? Комбинацията от взривоподобно развитие на науката и индустрията в няколко от водещите западноевропейски страни е уникално явление в човешката история, поради което често се окачествява като “чудо”. Обяснението му и до днес продължава да вълнува учените. “Проблемът е да се разбере – пише големият френски историк Фернан Бродел²

- защо научното и индустриалното развитие се извършва единствено в рамките на западноевропейската цивилизация”. Това е и въпросът на английския биохимик Джоузеф Нидъм (1900 - 1995), който специално изучава науката в Китай и оставя първото фундаментално изследване на историята ѝ³.

Въпреки многобройните опити на историческата наука и често пъти тенденциозното тълкуване на резултатите от нейните изследвания, още не са открити достатъчно условия, обясняващи детерминистично еволюцията на човешките общества. По това тя се различава от точните науки, способни да установяват споменатите условия до степен на превръщането им в полезни рецепти. Докато еволюцията на човешките общества, култури и цивилизации, изучавани от историята, не е детерминирана. Може да се състави дълъг списък от условия, благоприятствали настъпването на едно или друго събитие, но колкото и да е дълъг той, никога няма да е изчерпателен, нито пък ще даде основания да се определи като достатъчна съвкупност от изброените необходими условия. Това, което води до някакви резултати през една или друга епоха и място, другаде и по друго време може и да не ги предизвиква.

Науката и техниката винаги са вървели ръка за ръка. Наистина, почти до средата на XIX в. връзката между тях е била доста хлабава и е излизала най-често по волята на случая. От XIX в. насам обаче тя става все по-систематична. Учените могат да проникнат в тайните на природата, ако имат на разположение добри инструменти за наблюдение и измерване, докато занаятчиите усъвършенстват произведенията си, използвайки знанията на учените. Наблюденията на Тихо Брахе, чиито инструменти при определяне положението на планетите от Слънчевата система са му осигурявали точност от порядъка на една ъглова минута (предшествениците му са мерили с точност едва 15 минути), са били абсолютно необходими за проверка и подкрепа на съвършено новия подход на Йохан Кеплер за пресмятане на планетните орбити. И обратното. През XVII в. по поръчка на часовникари математиците Оле Рьомер и Кристиан Хюйгенс “пресмятат” оптималния профил на зъбчатите колелца в часовника и минимизират триенето, което подобрява чувствително точността на часовниците. Многократното упражняване в точни измервания, стремежът към възпроизводимост на резултатите и качествата на серийно изработваните предмети, заменянето на човешката ръка и мускули с механизми и машини за извършване на повтарящи се и изнурителни действия са вековни капиталовложения в касичката на “дългото” Броделово време по пътя към научното и индустриалното преобразуване на цивилизацията на Европа.

Наскоро излизаният в Париж вестник *Herald Tribune*⁴ публикува следното писмо на свой читател - американец, живеещ в Япония. “След 25-дневно пътуване в Европа, включващо Лондон, Брюксел, Париж, Атина и четири града в Италия (Рим, Флоренция, Венеция и Милано), се върнахме в къщи. Видяхме чудесни неща, но сме доволни, че ще си бъдем отново у дома. Ето няколко от причините. В Япония няма допотопни асансьори, чакане на опашка за туристическа ж.п. информация, шофьори на таксите или гондолиери, които ви лъжат, мръсни подлези, графити върху почти всички стени, отменени влакове, неудобни хотели, някои от които дори без топла вода ... Бяхме учудени, че на европейците всичко това не им прави впечатление. Може би понеже са отрасли с тези нискокачествени услуги и неприветлива обстановка и не познават нищо по-добро. Жалко за тях. Харесваха ни старините от европейската история, но се страхувам, че европейците се връщат към тъмното Средновековие”.

Избрахме това писмо по две причини. От една страна е забавно и дори утешително за нас, гражданите на по-бедната част на Европа, да чуем упреци по адрес на тези, които сме свикнали да ни упрекват в подобна “цивилизационна недостатъчност”. Защото какво друго, ако не елементи на цивилизацията са асансьорите, социалното осигуряване и т.н., за които в писмото не се споменава нищо.

Явно по отношение на равнището на тези параметри съществува доста широко разслоение: напредналите от наша гледна точка западноевропейски страни се оказват изостанали спрямо САЩ и Япония – нещо добре известно впрочем и без това писмо. По-малко известно е друго и то е причината да го цитираме. Оказва се, че между степента на цивилизованост или богатството на страните и интензивността на научноизследователската дейност в тях съществува т.нар. линейна корелация, т.е. колкото по-богата е страната, толкова по-мощна и с по-внушителни постижения е науката ѝ. Както често се случва, и тук се пита: кое е кокошката и кое – яйцето? Дали по-богатите разполагат с повече пари за “прахосване” по такива скъпи удоволствия, каквото е науката, или са по-богати, защото своевременно, систематично и пропорционално на богатството си са отделяли и отделят пари за наука?

Още по-неуспешни изглеждат опитите да се определи кое е кокошката и кое – яйцето, в комбинацията “индустрия-техника, наука”. Как изобщо да се изолират от реалния живот такива прости линейни последователности като “научни открития – технологични решения – индустриални реализации” или “индустриално развитие – технологии – наука”? Съществуващите сложни положителни обратни връзки между компонентите и ролята на всяка една от тях може да се мени с времето и с фазите на системата. Затова днес е прието да се говори за единна система на науката, технологиите и нововъведенията (иновациите). Ако в началото техниката е черпила главно от наблюденията върху непосредствено обкръжаващия човек свят, от XIX в. нататък придобитите от науката с помощта на сложни инструменти знания предимно за микросвета изменят по-радикално характера на техниката, технологиите и производствата. Това понякога се нарича превръщане на науката в непосредствена производителна сила.

Днес САЩ и Япония имат по-широка и стабилна научна база в сравнение и с най-напредналите от Европейския съюз страни както по брой на учените на 1000 жители, така и по инвестициите за изследвания в процент от brutния национален продукт. Например броят на аспирантите там е два пъти по-голям от средния за ЕС, а броят на изследователите – 0,65 % в САЩ и 0,60 % в Япония – е само 0,25 % от работната сила в Европа. Същевременно бурното развитие на науката в САЩ до голяма степен се дължи на прилагането на ония принципи на организация и мениджмънт, които още преди това са им осигурили преднина в производството. Така се утвърждава и съзнанието, че науката е локомотив за икономиката не по-малко, отколкото здравата икономическа база е условие за сериозни инвестиции в науката. Яйцето е кокошка и кокошката е яйце, стига да има необходимите инфраструктури за такова непрекъснато взаимно превръщане.

Това, което България прави днес заедно с останалите страни “в преход”, е да създава благоприятна за икономическа дейност либерална среда. Както често става обаче при сложните упражнения, съществува определен риск да се забрави другият компонент, без който горивна смес за ракетата на дългоочаквания растеж няма да се получи: науката и учените. Хубаво е да купуваш наготово от чуждите големи майстори. Но са нужни пари, които могат да се изкарат само с продажба на нещо конкурентноспособно. Без учени, технологии и образовани бизнесмени това е невъзможно. Пренесените отвън решения често се оказват лошо приспособени към местните условия. Идеята, че приоритетите трябва да се степенуват, сама по себе си е правилна, но не и ако смятаме, че науката може да почака, докато законодателството ни се нагоди към европейското, докато се извърши приватизацията, докато ... и т.н. Като всяка сложна система науката бързо деградира, ако не се поддържа адекватно с добре вложени средства. Изоставането на научните институти на самотек, без нормална смяна

на поколенията от изследователи и на апаратурата, бързо води до необратими процеси на разрушение.

Без наука и по-точно без неразделната триада “наука – техника – модерно високотехнологично производство” не можем да бъдем истински европейци. Не случайно за науката в рамките на преговорите за присъединяване към Европейския съюз, за който научната система е част от така наречените *acquis communautaires*⁵, има специална глава. Дали обаче, затваряйки тази глава от преговорите, България е направила и прави необходимото за стабилизиране на науката си и за осигуряване на необходимото бъдещо развитие?

Макар че, както вече казахме, историята и еволюцията на човешките общества не познават точни рецепти за възпроизвеждане на определени явления, осигуряването на условия, признати за благоприятни на базата на чуждия опит, дава добри резултати. Всъщност на този принцип днес се извършва и така наречената реформа в икономическата и юридическата сфера, често под прякото ръководство на организации като Международния валутен фонд. Може само да се съжалява, че той, международният валутен фонд, не проявява същите строги изисквания и по отношение на запазването и развитието на научния потенциал. Но научноизследователските системи на повечето страни, включително и на водещите в Европейския съюз, остават суверенна национална грижа. От цялата маса средства, отделяни от страните-членки за наука и технологии, само 17 % се използват в рамките на съвместни програми и проекти, а Генералната дирекция за научни изследвания в Брюксел разполага с още по-малката част от около 5 % за така наречената рамкова програма. Очевидно България трябва сама да положи необходимите усилия, за да не изчезне Слънцето на науката от нейния небосклон. Опитът на близки по размери и брой на жителите страни може да ни бъде от голяма полза. Успехът на Финландия през последните 20 години е сигурно сред най-впечатляващите.

Финландия започва интензифициране на изследователските и развойните си програми през 80-те години. За тази цел, както се твърди, тя решава да използва икономите, направени от закупения на преференциални цени съветски петрол. Но не това е най-важното. Важното е, че към приетата от тогавашното правителство специална стратегия се придържат повече от 20 години без колебания всички следващи правителства. В сухи числа частта от brutния национален продукт, отделян за наука, нараства от 1,4 % през 1984 г. на 3 % през 1998 г., с което страната излиза над средното за Европейския съюз равнище. Корелацията с еволюцията в структурата на износа – 80 % продукти на дървообработващата индустрия през 1950 г. и само 40 % през 1990 г. за сметка на високотехнологичните продукти - е повече от очевидна. За 40 години Финландия се превръща в “страна с основана на знанието икономика”.

Наистина, научната политика във Финландия се развива като отделен сектор, но в тясна връзка с политиката на технологично развитие. В тази единна национална иновационна система предимство винаги е имало развитието на международното научно сътрудничество. Финландската програма за национални първокласни научни центрове (Center of Excellence), лансирана през 1994 г., се оценява като особено успешна. В резултат на поредица от конкурси центровете придобиват не само почетен статут, но получават и допълнително финансиране. Това е един от начините да се избяга от пороците на финансирането “на калпак”, при което качеството не е водещ критерий. Въпреки успеха, а може би тъкмо поради желанието динамиката му да не отслабва, финландците поддържат грижливо контрола върху качеството на научноизследователската дейност. Финландското правителство често кани външни експерти да се произнасят върху състоянието ѝ. Резултатите от систематичната и последователна политика на поддръжка за науката са налице: финландската част в

световната научна литература нараства от 0,65 % през 80-те години на 0,91 % през 1997 г. Зоните край Хелзинки и Улу се открояват на картата на Европа като зони с особено висока научна активност. И това в страна с 5 милиона население и без особени природни ресурси!

Добре, ще кажат мнозина. Значи ли, че всяка страна обаче би могла да намери ниша в производството и пазара на високотехнологични продукти, така както финландската “Nokia” успя да измести шведския гигант “Ericsson”? За всички е ясно, че днес най-трудното нещо са пазарните ниши, така че отговорът от най-общи съображения е по-скоро отрицателен. И все пак алтернатива има и тя е чудесно описана от професор Гюнтер Тихи от Австрийския институт за технологични предвиждания. Според него от австрийския опит може да се извлече следният урок: акцентът върху високите технологии изобщо и така наречената нова икономика е прекален. Понякога малка страна със средно равнище на развитие (той има предвид, разбира се, Австрия!) може да получи повече срещу вложените за наука и развитие пари чрез стимулиране на високотехнологични подобрения в традиционните индустрии с натрупан достатъчен собствен опит.

Добре познатата на всички Унгария реализира 80 % от целия си износ с продукти, произведени на нейна територия от мултинационални компании. Делът на високотехнологичните в тях е нараснал от 18 % през 1994 г. на 40 % през 1999 г. И това става с все по-голямото участие на местната наука. Така например конкурентът на финландската Nokia - Ericsson - използва унгарски водещи институти в областта на телекомуникациите за развиване на продуктите си или на елементи от тях на място, близо до производството в самата Унгария. Това е така и за лампите с нагреваема нишка на фирмата “Tungsram”, продадена преди няколко години на добре познатия американски концерн “General Electric”, който неочаквано и за самите унгарци им поверява научните изследвания за клоновете на фирмата навсякъде по света. 1 % от brutния национален доход на Унгария се отделя за научни изследвания и по този показател тя е на едно от първите места сред страните в преход. Да не говорим, че унгарските учени получават около 4-5 пъти по-високи заплати от българските си колеги, което прави проблема за изтичането на мозъци там по-малко остър, отколкото у нас.

Оказва се, че има за какво да се погледне с внимание и към съседна Югославия и по-точно към Сърбия, въпреки че последните десет драматични години се отразиха тежко върху състоянието на научните институти в нея.

Още с встъпването си в длъжност през януари сръбското Министерство на науката, технологиите и развитието предлага нова научно-изследователска политика, основана на следните принципи:

- Научно-изследователската дейност трябва да влияе по-осезателно върху икономиката и обществото. Новата програма ще се ориентира към решаването на проблемите много повече на базата на “pull”, отколкото на традиционния в централизираните икономики “push” подход⁶ за развиването на нови технологии.

- Оценяването на проектите ще се прави само на базата на качеството им без псевдо“социални” съображения. Например проектите в областта на фундаменталните изследвания ще се оценяват от чуждестранни експерти. Що се отнася до проектите, целящи развитието на технологии, основен критерий ще е дали и доколко индустриалният партньор на научните организации се ангажира финансово.

- Стимулиране на международното сътрудничество във всички програми.

- В сравнение с 2000 г. бюджетът за наука и технологии през 2001-ва е удвоен, но е още твърде далече от поставената цел – 1 % от БНП. Сега той е 55 милиона германски марки, или 0,24 % от очаквания БНП за 2001 г.

- Новият модел за икономическо развитие на Сърбия ще включи технологиите и знанието като основни фактори. Екип от 360 експерти работи върху стратегията за икономическо развитие до 2010 г. като първа стъпка към по-широка стратегия за бъдещето на Сърбия.

Какви обобщения биха могли да се извлекат от този бегъл преглед на планирането и стратегиите в цитираните по-горе близки по размери на България страни?

1. Не само увеличаване на финансирането на научно-изследователската дейност, но и насочването му към най-перспективните области; тук цялата трудност и политическо майсторство е именно в постигането на консенсус кои са те. И тъй като това не е лесно, се прибегва до услугата на външни експерти. Така например в резултат на акция, предприета от Европейската комисия в България, бяха номинирани три първокласни центъра: по биотехнологии, по паралелна обработка на информация и по изследвания на Черно море – нещо почти немислимо, ако трябваше да се извърши единствено със собствени сили, както е случаят навремето с Финландия.

2. Не само стимулиране на нововъведенията сами за себе си (the push approach), но и поставянето им в перспективата на подходящ национален план за развитие. Това не бива да плаши с привидната си близост до идеите за централизирано планиране, защото не става въпрос за планиране на научните изследвания като специфична творческа дейност, а за перспективно изясняване на приоритетните за страната области за развитие.

3. Не само създаване на стимули за младите хора, посвещаващи се на научно-изследователска дейност, но и дългосрочна оценка на нуждата от работна ръка (може би в случая е по-правилно да се каже “мислещи глави”) в научно-изследователската сфера.

4. Не само подчиняване на изследователската дейност единствено на контрола на невидимия “колеж” от специалисти, но и създаване на първокласни центрове и свързването им в подходящи регионални и международни структури.

Не случайно избрахме думите “не само” пред всяка от препоръките. Това подчертава още веднъж сложността на стимулирането на науката и тесните връзки, които тя трябва да създава и поддържа с образованието и индустрията. Те формират сложен комплекс, в който границите между отделните елементи са размити и взаимното проникване образува здрава спойка между тях. Всички актьори и партньори в обществото трябва добре да схванат това: политиките – ролята на изследователската и развойната дейност, на технологиите и социалните науки за бъдещето на страната; научната общност – социалната мисия на науката; общественото мнение – огромното значение на знанието за решаването на всекидневните проблеми.

Но да се върнем към зададения по-горе въпрос на Бродел и Нидъм: “Защо научното и индустриалното развитие се извършват единствено в рамките на западноевропейската цивилизация?” Едва ли някой през XII в. е съставял списък от съвети, подобни на горните, с цел да се подготви научно-техническата революция няколко века по-късно. В известен смисъл науката се е самозародила в условията на относителна интелектуална свобода – в манастирите и университетите на ренесансова Европа. Да си припомним “списъка” на Ясперс, според когото именно историческото време и свободата пораждат науката. Като се започне от XVII в. и се стигне почти до Втората световна война тя се развива доста свободно – със слаба намеса, но и скромно финансиране от страна на обществото. Този период на сравнително свободно, спонтанно саморазвитие е вече в миналото. С развитието си обществата стават все по-сложни и диференцирани, създавайки цяла мрежа от закони, административни, финансови и други механизми, без съществуването на които никакво откритие не може

да им повлияе решително. Всички трудности около развитието на съвременната наука са свързани именно с това преплитане във веригата по превръщане на знанието в продукт. Правителствата не могат вече без “списъци” и стратегии, ако искат науката и технологиите да се развиват.

Същевременно с течение на времето много от чертите, характерни за науката и заниманието с нея, са повлияли върху организацията на живота и менталитета на хората в съответното историко-географско пространство, т.е. превърнали са се в структурни елементи на модерната западна цивилизация. Достатъчно е да споменем скептицизма към изречените *ex cathedra* недоказани твърдения, критичното отношение към авторитети и власт, систематичността в организирането на деловия живот, изработката и следването на точни и стандартизирани процедури, основани на количествени измервания и съотношения и т.н. Но даваме ли си сметка за най-важното: хуманизирането на западната цивилизация – нещо съвсем скорошно дори в най-модерните части на Европа. Ето какво пише по този повод Нобеловият лауреат Макс Перуц⁷: “Достатъчно е да се върнем към времето на нашите прабаби, за да разберем как Ева печели от това, че Адам вкухва от Плода на познанието”. И припомня началото на романа на Толстой “Ана Каренина”, когато княз Облонски изоставя Доли и се залюбва с френската гувернантка. Защо? “Развалените французойки” ли, както са казвали бабите ни, са причината? Като учен Макс Перуц търси обяснение, което лесно може да се обясни. Доли е едва на 33 години, но е изкарала пет бременности. Белезите на появяване и състаряване са налице. Макар й от висшата класа, образованието й е по-оскъдно дори от това на гувернантката, дошла от страна, където младите момичета могат и без титли и пари да придобият определени знания в училище. Това привлича княз Облонски... На някого може да му се стори наивно, но по-нататъшното освобождение на жената продължава с откриването на противозачатъчните средства и поелите функции й в кухнята машини...

Хуманизацията на обществото следва своя озаряван от науката път и в други области. Пламъците на кладите за изгаряне на вещици достигат своя връх през XVII в., точно когато Галилей и Нютон полагат основите на съвременната физика. Майката на Йохан Кеплер, откривателя на елиптичните орбити, по които планетите кръжат около Слънцето, завършва живота си на кладата – тогавашното общество не е понасяло отклоненията от средното. Науката първа задава въпросите: “Обесването на престъпниците действа ли обезкуражаващо на другите? Действително ли са обсебени от зли духове лудите и хората, достигнали определена възраст, когато губят разсъдък си? Каква е истинската причина за лудостта и престъпленията? Малко са страните, които дори днес могат да бъдат удовлетворени от условията на затворите и психиатричните клиники, с които разполагат. Не може да не се признае обаче, че науката е изменила радикално разбирането за корените на човешкото поведение, измествайки постепенно жестокостта и злобата с основана на разума толерантност и състрадание. Бавния, мъчителен и траял с векове процес на хуманизация на цивилизацията дължим на науката и научното образование. Но достигнатото равнище може да се поддържа само с повече наука и образование. Незаинтересоваността на обществото по отношение на научно-образователната система рискува застрашително бързо да доведе до деградирането ѝ. Препоръчаното от Жан-Жак Русо и разнообразните му последователи “връщане към природата” е значително по-бърз процес в сравнение с цивилизоването. Но едно реално “връщане към природата” с мръсотията, болестите и борбата за насъщния рискува да се размине напълно с русоистката илюзия за щастие във и далеч от науката и цивилизацията. Това, че в научно и индустриално развитите страни се чуват от време на време критични и дори протестни гласове срещу науката и научния прогрес, каквито в момента във Франция

надигат например селяните срещу генетичномодифицираните растения, в никакъв случай не бива да подлъгва малки страни като България. В края на краищата пораженията, нанесени от науката, се лекуват само с ... повече наука. Онзи, който спре усилията си в това отношение, изоставя още повече и надеждите да догони се отдалечават.

И все пак, сигурно ли е, че наличието на научна традиция и силна съвременна наука е важен критерий за принадлежност към европейската цивилизация? Едва ли този тип твърдения спада към класа на доказуемите в смисъла, приет от точните науки. Както повечето опити за обобщения в културологията и историята, така и този може да се приема като нещо тривиално или съвсем не толкова очевидно в зависимост от контекста, в който се разглежда. Независимо от методологическите трудности обаче, не е лесно да се спори и с тезата, че модернизиранията и мощна научно и икономически Япония е близка в цивилизационно отношение до развитите западноевропейски страни и САЩ. Нима културните различия между англичани, французи, германци, испанци и италианци не остават видими на фона на дълбоките икономически, политически и цивилизационни процеси, които интегрират Европа? Това все пак е утешително, защото показва, че цивилизационното сближаване е по-лесно от преодоляването на вековно натрупаните културни различия. Време е да се замислим дали, пренебрегвайки националната наука като приоритет в така наречения преход, не изпускаме нещо кардинално за утвърждаването на европейския “цивилизационен избор”. Защото, макар и географски близо, опасността да се окажем цивилизационно толкова далеч от Европа, колкото далеч от нея географски са цивилизационно близките САЩ и Япония, е напълно реална.

* Статията е препечатана (с малки съкращения) от сп. Факел, т. 21, 2001 г., кн. 3-4, стр. 285-295.

** Симеон Ангелов е доктор по химия, ст.н.с. в И-та по обща и неорганична химия на БАН. Понастоящем е консултант на Регионалното европейски бюро на ЮНЕСКО за наука, технологии и култура.

¹ Виж изключително богатата на идеи от този характер книга на David Landes, *The Wealth and Poverty of Nations*, A Little Brown Book, 1998. – Б.а.

² За Фернан Бродел и неговия подход към историята и най-вече за отделянето на скоротечната и повърхностна събитийност от фундаменталните бавни промени, формиращи облика на обществата през вековете, виж книгата на Стойчо Грънчаров, Кръстопътици, С., Гутенберг, 2000 г.

³ Joseph Needham, *The Chinese Science and the Occident*, Allen & Unwin Ltd, London, 1969. – Б.а.

⁴ *Herald Tribune*, 23 August 2001. – Б.а.

⁵ Acquis communautaires (фр.) - общи (на Европейския съюз) постижения или придобивки. – Б.а.

⁶ От “push” (англ.) - бутам се. Става дума за подход, при който ученият предлага своето изобретение на индустрията, макар тя да не го иска чак толкова. На жаргона от преди 1989 г. това се наричаше “внедряване”, изразяващо работа срещу почти хроничната съпротива на индустрията срещу нововъведенията; “pull” подход (англ. – тегля) означава противоположната ситуация, когато индустрията дърпа науката към решаване на някой важен неин проблем. – Б.а.

⁷ Max Perutz, *Is Science Necessary*, Dutton, New York, 1988. – Б.а.

КОМИСИЯ ПРЕДЛАГА ПЪТИЩА ЗА УВЕЛИЧАВАНЕ НА ИНВЕСТИЦИИТЕ В ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ

Брюксел, 12 септември 2002 г.

Вчера Комисията представи разработената от нея стратегия в отговор на призива на Европейския Съвет (Барселона, март 2002 г.) за повишаване на разходите за изследователска дейност до 3 % от средния Брутен Вътрешен Продукт (БВП) на Европейския Съюз (ЕС). Днес Европа е на ниво едва 1,9 %. Комюникето, озаглавено "Повече научни изследвания за нуждите на Европа", насочва вниманието към недостатъчните европейски инвестиции в науката и техниката и възможните тежки последствия от това за конкурентоспособността, икономическия растеж и трудовата заетост в ЕС. Днес разходите за изследване и развитие (R&D) на ЕС изостават от съответните инвестиции (частни и обществени) на САЩ с повече от 120 млрд € годишно. Ако не се вземат спешни мерки, това изоставане в науката и образованието ще възпира възможностите на Европа за обновяване и способността ѝ към 2010 г. да се превърне в най-конкурентната и динамична, научно обусловена икономика в света - целта, поставена от Лисабонския Европейски Съвет през март 2000 г. Основната задача е да се увеличи финансирането на изследователската дейност от промишлеността, така че то да се повиши до две трети от цялостното R&D финансиране - равнище, което вече е достигнато и дори надминато в САЩ, Япония и някои страни-членки, докато за ЕС то е средно 55 %. Следователно необходимо е координирано действие на европейско, национално и регионално равнище, за да се направи Европа по-привлекателна за инвестиране на промишлеността в R&D. За нуждите на R&D трябва добре да се регулират и синхронизират всички възможни стимули - от финансово-административни, човешки ресурси и фискална политика до правата върху интелектуалната собственост. Затова Комисията ще активизира целеви консултации, в които приоритетните действия да се уточнят още към началните месеци на 2003 г.

"Повишените инвестиции в науката и техниката са ключови за бъдещето на Европа", бяха думите на Филип Бюскен - Комисар на ЕС по въпросите на научните изследвания. "В условията на днешния икономически застой ние сега се нуждаем още повече от инвестиции в R&D, за да можем днес да посеем семената на онези иновации, които утре ще създадат икономически растеж и трудова заетост. През 2000 г. в САЩ бяха изразходени 288 млрд € за R&D, докато в ЕС това бяха само 164 млрд €. Но тази пропаст се разширява още повече. На нас в Европа ни е нужна широка дискусия за това как най-добре да накараме правителствените бюджети за изследвания да стимулират чувствителни увеличения на частните инвестиции."

Япония вече достигна 3 % -ното равнище, като нейните R&D разходи за 2000 г. възлязоха на 2,98 % от БВП, а САЩ плътно се доближава до него (с 2,69 % през 2000 г. и непрестанен растеж от 1995 г. насам). От друга страна в Европа разходите за R&D възлизат на 1,93 % през 2000 г. и застават под 2 % от началото на последното десетилетие.

Разходите за R&D остават под 1 % от БВП в Гърция, Португалия, Испания и във всички страни-кандидатки за ЕС с изключение на Чешката република и Словения. Обратно, тези разходи вече превишават 3 % от БВП в Швеция и Финландия и превишават 2,5 % от БВП в Германия. Равнището 3 % е цел за Европа като цяло. Не може да се очаква, че всички европейски страни ще стигнат до 3 % през 2010 г., но всички те трябва да вложат своите усилия за създаването на по-привлекателни условия и на по-ефикасни финансови стимули за инвестиране в K&D.

Таблица 1. R&D интензивност (съвкупни вътрешни разходи за R&D като % от brutния вътрешен продукт)

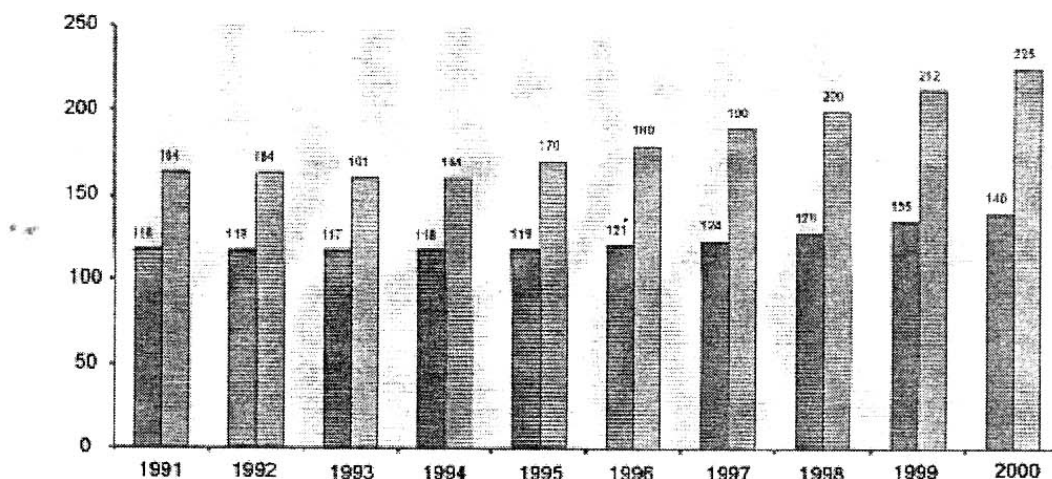
Страна	R&D интензивност (в %) за последната налична в статистическите данни година ¹	Великобритания	
			1,86 ¹
		EU-15 ²	1,94
		България	0,57
		Кипър	0,25
		Чехия	1,25
Белгия	1,96 ³	Естония	0,75
Дания	2,07 ³	Унгария	0,69
Германия	2,52 ³	Литва	0,60
Гърция	0,67 ³	Латвия	0,40
Испания	0,97 ³	Полша	0,75
Франция	2,13 ³	Румъния	0,40
Ирландия	1,21 ³	Словения	1,51
Италия	1,04	Словакия	0,66
Холандия	2,02	Турция	0,63
Австрия	1,86 ³	EU-15 ² и страни - кандидати	1,76
Португалия	0,76	САЩ	2,70 ^{4,5}
Финландия	3,67 ⁴	Япония	2,98
Швеция	3,87		

Бележки. (1) За Обединеното кралство - 2002 г.; за Финландия и ЕС-15 - 2001 г.; за Франция, САЩ, Япония и Литва - 2000 г.; за всички останали страни - 1999 г. (2) Люксембург не е включен в ЕС-15. (3) Оценъчна стойност. (4) Прогноза.

В комюникето са указани рамковите условия, които трябва да се развиват по съгласуван начин. Последните включват:

- създаване на висококачествени човешки ресурси;
- силна изследователска база с непрестанно осъвременявани връзки с промишлеността;
- динамична култура на предприемачеството;
- подходящи системи за съблюдаване правата върху интелектуалната собственост;
- конкурентна среда с развити изследователски и иновационни регулативни норми, както и с правила за конкуренцията;
- стимулиращи финансови пазари, макроикономическа стабилност и благоприятни фискални условия.

Финансовите стимули за частни R&D инвестиции трябва да се използват по-ефикасно и съгласувано. В тази насока обществените институции могат да използват цял набор от финансови инструменти, като например схеми за обезпечаване, фискални стимули и обществена поддръжка за рисковия капитал, както и подходящо дозирана смес от този инструментариум.



Фиг. 1. Пълни вътрешни разходи за R&D в млрд € за ЕС-15 и за САЩ (по-високите колони) за периода от 1991 до 2000 г.

Таблица 2. Финансиране на R&D от промишлеността и от правителството за ЕС-15 (Люксембург не е включен) за 1999 г. Когато сумата е по-малка от 100 %, това означава "други" или "външни" източници.

Страна	От промишлеността	От правителството
Белгия	66,2	23,2
Дания	58,0	32,6
Германия	66,9	30,7
Гърция	24,2	48,7
Испания	49,7	38,6
Франция	54,1	36,9
Ирландия	64,1	21,8
Италия	43,0	50,8
Холандия	49,7	35,8
Австрия	40,1	40,3
Португалия	21,3	69,7
Финландия	70,3	26,2
Швеция	67,8	24,5
Великобритания	49,3	28,9
EU-15	56,3	34,2
САЩ	68,2	27,3
Япония	72,4	19,6

Превод (по материал от Интернет със съкращения): М. Бушев

Рубриката се спонсорира от

АГЕНЦИЯТА ЗА ЯДРЕНО РЕГУЛИРАНЕ

ЯДРЕНИЯТ СИНТЕЗ

- ЕДИН ОТ МИТОВЕТЕ НА 21-вия ВЕК

*Да се построят централи, възпроизвеждащи това, което става в недрата на Слънцето **

ЛАЗЕРНИЯТ СИНТЕЗ ИМА ПОПЪТЕН ВЯТЪР

БИ ТРЯБВАЛО ДА СЕ ОПОЛЗОТВОРЯТ ВОЕННИ ИНВЕСТИЦИИ В САЩ И ФРАНЦИЯ

Дени Песм

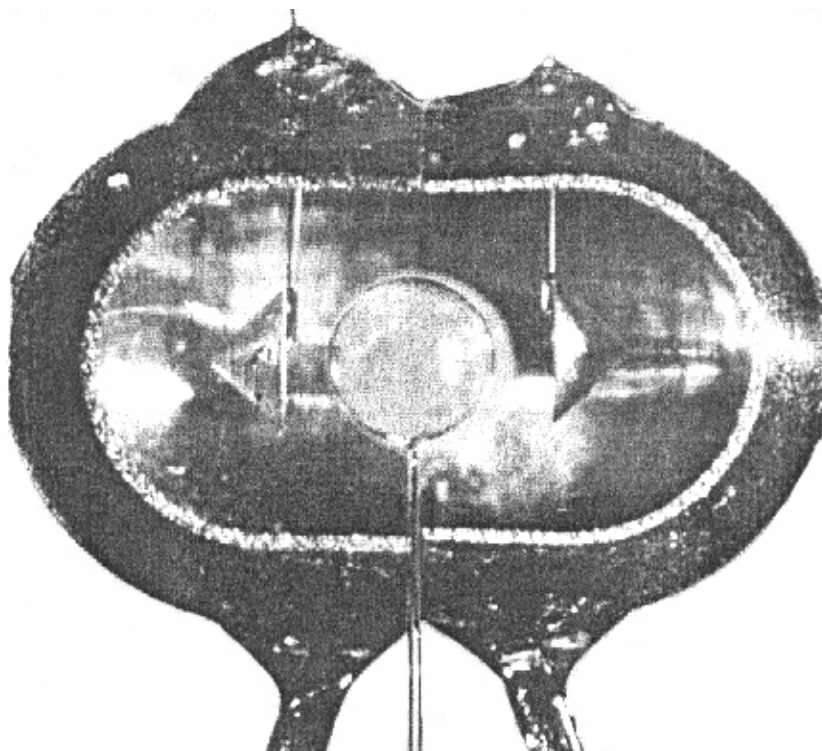
Да се осъществи имплозия на миниатюрна капсула, пълна с деутерий и тритий, чрез лазери или ускорени частици - такава е идеята в основата на ядреното сливане чрез инерциално удържане. Тъй като процедурата е наследена пряко от тази при водородната бомба, разработките дълго време бяха военна тайна. По инициатива на американците завесата започва да се приповдига. Два големи проекта, предназначени за поддържане на ядрения арсенал, NIF в Съединените щати и LMJ във Франция, ще трябва да стимулират цивилните изследвания.

Проектът за изследване, наречен инерциално удържане, се състои не толкова в удържането, а в създаване на силна, породена от интензивно лъчение, имплозия в деутерий-тритев (D-T) смес. Под действието на собствената инертност, плътността и достигнатата температура на D-T, в течение на няколко милиардни от секундата се достигат стойности, необходими за започване на реакциите на сливане.

Инерциалният принцип е близък до онзи, който се използва при така наречената водородна (H) бомба, направена от американците през 1952 г. (през 1968 г. от Франция). При водородната бомба експлозията на една атомна бомба поражда рентгеново (X) лъчение, което води до реакцията на сливане. Трудността при произвеждане на енергия е да се извърши реакцията в малък мащаб и по контролиран начин.

Основната идея е да се използва за запалка лазерна светлина. Свойствата на лазерните лъчи - кохерентност, добре дефинирана дължина на вълната, краткотрайност на излъчването - позволяват да се фокусира светлинната енергия в много малки обеми и да се доведе веществото до много високи температура и налягане. Сместа D-T е затворена в миниатюрна капсула с диаметър по-малък от един милиметър, един "микробалон", който се облъчва с мощни лазерни импулси. Този принцип е публикуван за пръв път през 1972 г. от американските физици в лабораторията Лорънс, Ливърмор.⁽¹⁾ Оттогава той се основава на схемата, наречена "с директна атака", при която микробалонът се облъчва равномерно от множество лазерни снопове.

Изследванията, включително във Франция, разкриха бързо едно забележително свойство на така образуваната плътна и гореща плазма. Тя естествено излъчва в областта на X-лъчите и, ако дължината на вълната на лазера и облъчваният елемент са добре подбрани, ефективността на превръщане на лазерната енергия в X-лъчение може да надмине 70 %. Това свойство откри пътя към втора схема, тази "с индиректна атака". Според тази концепция лазерните снопове са насочени не към микробалона, а към вътрешността на кухината, в която той е затворен. Попадайки върху вътрешните стени, по-голямата част от тяхната енергия се превръща в X-лъчение, което предизвиква имплозия на микробалона (Фиг. 1). При индиректната атака стабилността на имплозията е по-добра, но преносът на енергията е по-малко ефективен. Критерият на Лосън, който уточнява необходимите условия за термоядрено горене, се формулира чрез плътността, температурата и продължителността на удържане на горивото. В случай на инерциално удържане, при смес D-T и температура 10 keV (т.е. стотина милиона градуса), се оказва, че критерият на Лосън се свежда до условието $\rho R > 0,2 \text{ g/cm}^2$, където ρ е плътността на горивото в g/cm^3 и R е радиусът на микробалона в cm. Това неравенство не е достатъчно за ефикасно получаване на енергия. Изчисленията показват, че за да се получи печалба (съотношението между освободената и вложената в източника енергия) поне 10, ρR трябва да надвишава 3 g/cm^2 .



На снимката се вижда блясване на мишена, използвана за експерименти по ядрен синтез чрез инерциално удържане. Отнася се до схема на имплозия с индиректна атака. Микробалонът, съдържащ горивната смес, е поставен във вътрешността на кухня. Стените на тази кухня, с размери от порядъка на милиметър, се облъчват с мощно лъчение.

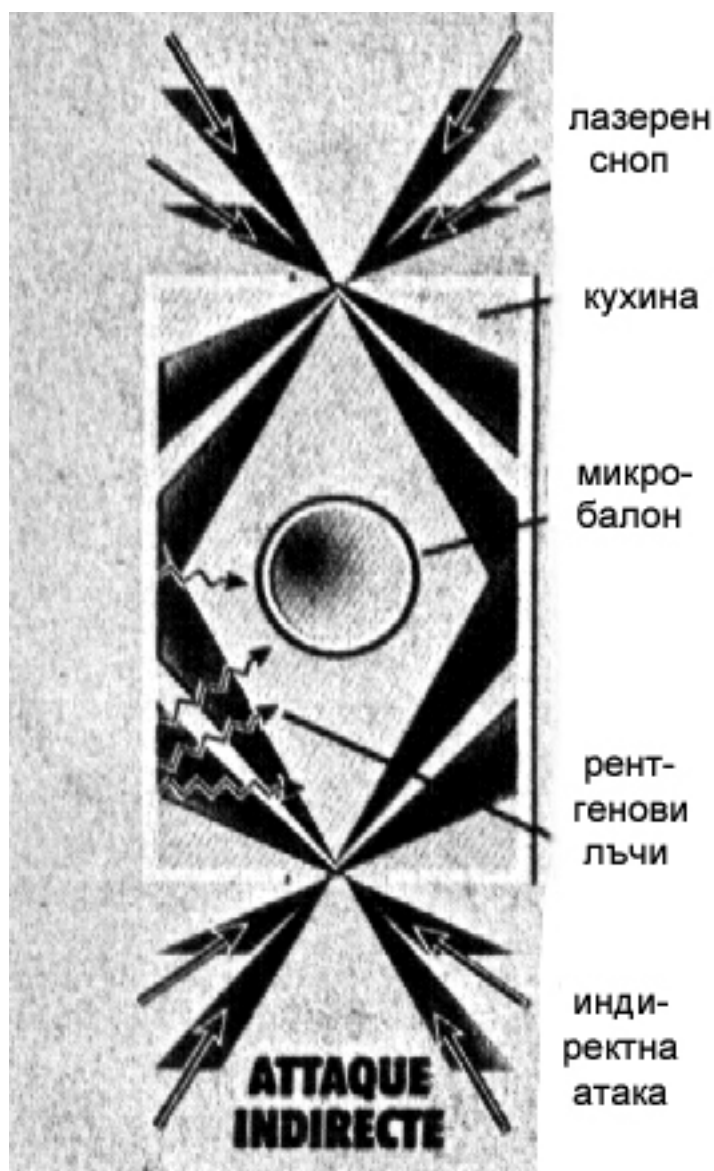
На този стадий би могло да се мисли, че ще бъде достатъчно да се използват големи мишени, за да се удовлетворят горните неравенства. По такъв начин, знаейки, че плътността на сместа D-T има стойност $0,2 \text{ g/cm}^3$, капсула с радиус 1 cm ще позволи *a priori* да се постигне критерият на Лосън. Обаче източникът на лъчение, което би трябвало да загрева до 10 keV толкова голяма мишена, ще трябва да достави енергия от порядъка на 1000 MJ за много кратко време - нещо неосъществимо, понеже тази стойност е около хиляда пъти по-висока от освобождаваната от най-добрите съществуващи инструменти. Ето защо е необходимо да се въведат две съществени допълнителни съставни части – смалване на мишената и формиране на гореща точка.

Съвсем не е трудно да се пресметне, че на практика, като се смали силно мишената, началната енергия, която трябва да се достави, може да остане в разумни граници (няколко MJ). Изискваният процент на компресия се оценява между 1000 и 10 000 пъти плътността на твърдата смес D-T. Колкото до формирането на гореща точка, идеята е температурата за възпламеняване да се прилага само върху няколко процента от горивото.

Освен това необходимата енергия за загреване на сместа D-T до температурата на възпламеняване трябва да се приложи много бързо, за една десета от наносекундата.

Единствените източници, способни да освободят енергии от порядъка на МЈ за толкова кратко време, са лазерните лъчи или сноповете ускорени частици (например тежки йони).

Как да се осъществи имплозия на сместа D-T? При пряката атака микробалонът се облъчва директно с лазерни снопове. Ползата от тази схема се състои във високата ефективност на пренасяне на енергия в микробалона. От друга страна изискванията към лазерите са строги. За да се осигури висока равномерност на облъчването (отклоненията от равномерността не трябва да надминават няколко процента) са необходими голям брой снопове с много високо оптично качество и тяхната енергия трябва прецизно да се контролира.



Фиг. 1. Схема на лазерна имплозия при индиректна атака. Лазерните снопове се фокусират във вътрешността на кухня, съдържаща микробалона. При

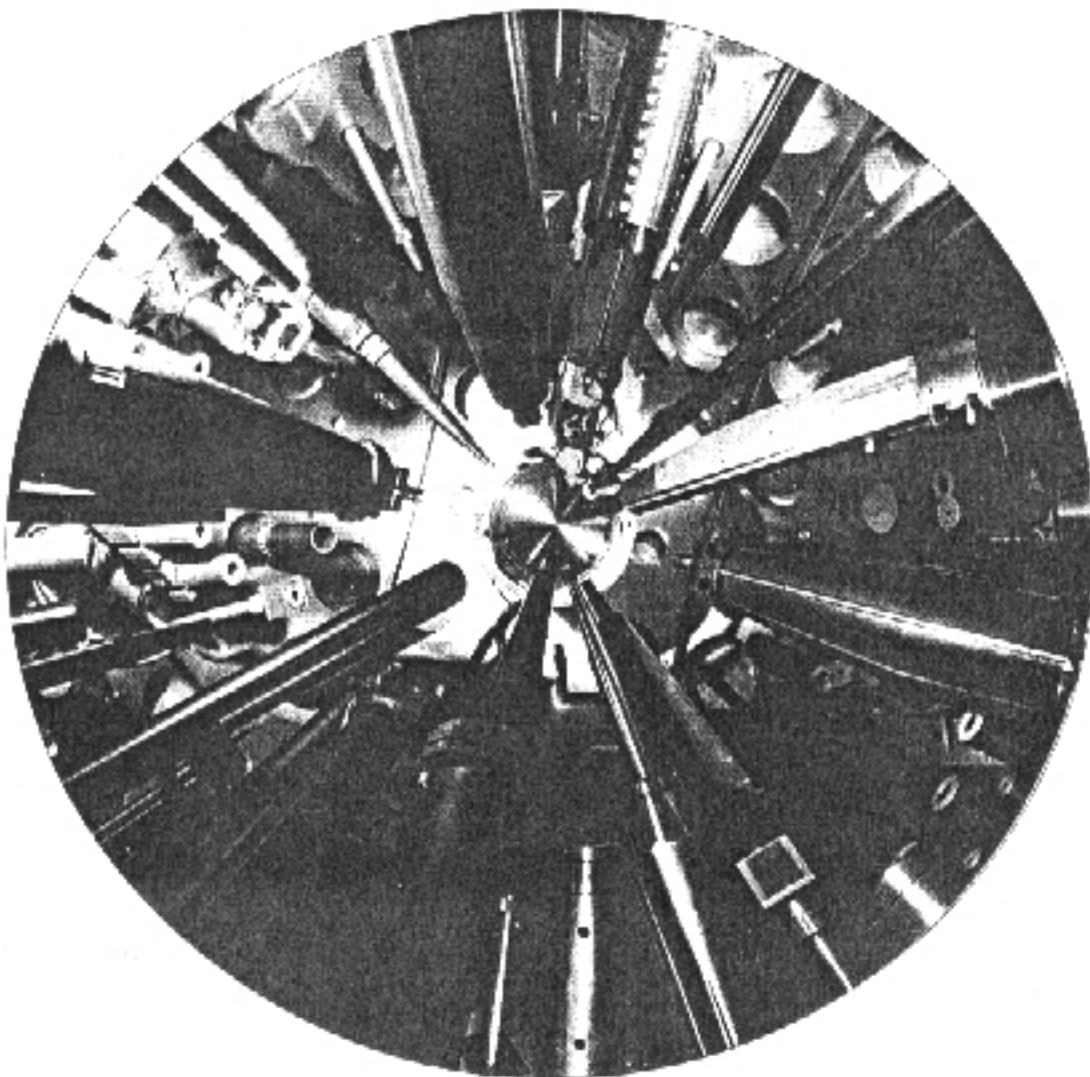
взаимодействието им с вътрешните стени на кухнята възниква плазма. Тя излъчва рентгеново лъчение, което предизвиква имплозия в микробалона.

При индиректната атака микробалонът се поставя във вътрешността на кухня с размери няколко милиметра, конструирана от материал с висок атомен номер (например волфрам, защото получаваната дължина на вълната е толкова по-малка, колкото облъчваният елемент е по-тежък). Лазерни снопове облъчват вътрешната стена на тази кухня, при което се образува гореща плазма, която излъчва интензивно в областта на рентгеновите лъчи. Чрез последователни процеси на поглъщане и преизлъчване това лъчение се хомогенизира и предизвиква имплозия в капсулата. Ползата от индиректната атака е следователно в равномерността на облъчването на микробалона, което осигурява по-добра хидродинамична стабилност на имплозията.

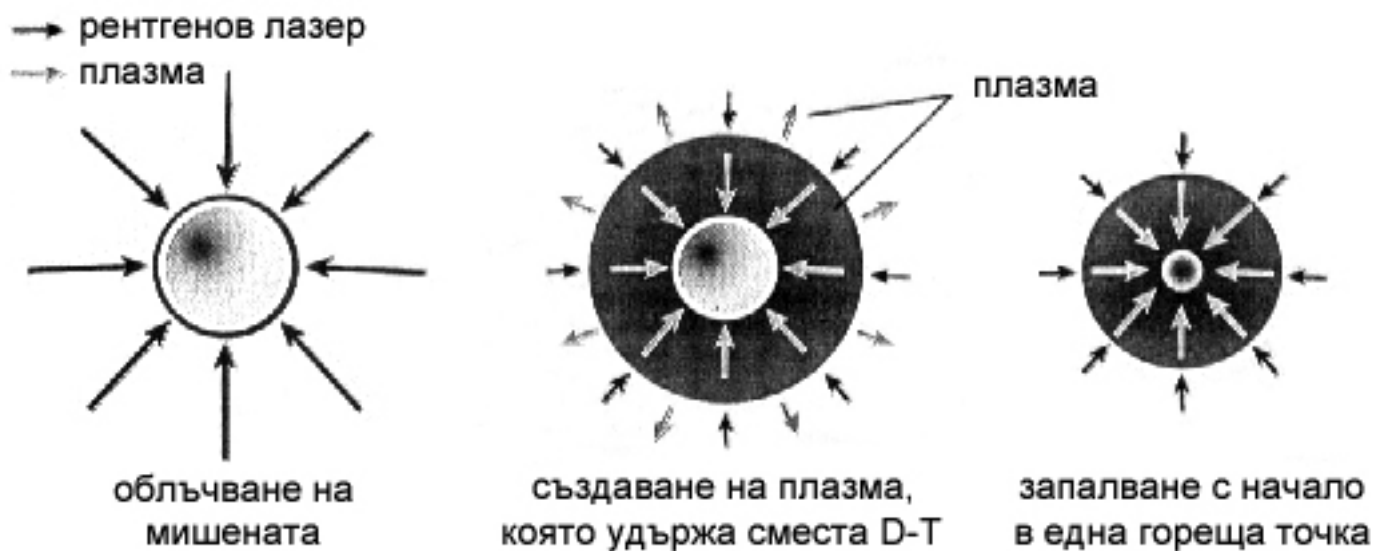
Да видим сега как се осъществява самият процес на имплозия както чрез директна, така и чрез индиректна атака. Микробалоните са с радиус от порядъка на милиметър и представляват здрави черупки, съдържащи газова смес D-T. Самата черупка се състои от две части. Външната част, наречена аблатор, е направена от лек материал, от типа на пластмасите, усилен с тежък материал със силна непрозрачност, а вътрешната част е от горивото D-T, студено и в твърдо състояние. Под действие на интензивно лъчение (лазерни или X-лъчи) външният слой на черупката се изпарява за по-малко от една пикосекунда, като се превръща в плазма с температура няколко десетки милиона градуса. Част от погълнатата енергия се превръща в кинетична енергия, съответстваща на центробежното удържане на плазмата. Като реакция на това удържане следва центростремително движение на остатъка от мишената, което води до нейното свиване.

По този начин се получават плътности на сместа D-T от няколко стотици грама в cm^3 . Аблаторът следователно изпълнява ролята на бутало за свиване на микробалона. Друга полза е, че той пречи на X-лъчите да проникват в центъра на мишената, което би довело до "прегриване" и ограничавайки свиването, то би възпрепятствало в крайна сметка формирането на гореща точка. За образуването на централна гореща точка, приетият метод се състои в това, интензитетът на лъчението да се управлява във функция от времето – в течение на няколко наносекунди, колкото трае импулсът – по такъв начин, че да се предизвика непрекъсната последователност от удари, които да достигат центъра на мишената едновременно. Тъй като скоростта на разпространение на тези ударни вълни нараства с интензитета на лъчението, този интензитет трябва да се увеличава с течение на времето така, че последните ударни вълни да настигат първите.

Една нова, още по-перспективна, концепция за създаване на гореща точка беше предложена през 1993 г. от физиците в Ливърмор.⁽²⁾ Тя се състои в използване на възможностите на свръхмощните лазерни импулси да проникват в много плътна плазма (непрозрачна за "класическите" импулси) и да ускоряват електроните до скорости близки до тази на светлината. Тези високоенергетични електрони могат да нагряват твърде плътната плазма, която ги обкръжава. По такъв начин, фокусирайки лазерен импулс с много висок интензитет в плазма, предварително свита с помощта на класическо лъчение с висока енергия (от порядъка на мегаджаули), има надежда да се формира една малка гореща точка. Това е концепцията, наречена "бърза запалка".



Експерименталната камера на френската инсталация Фебюс в Лимей-Валентон. Виждат се множеството лазери, насочени към една и съща точка - там, където се намира мишената, която трябва да се възпламени.



Фиг. 2. Запалване и горене на горивната смес деутерий-тритий

Какъвто и да е методът, микробалонът в края на свиването съдържа една много гореща и малко плътна централна точка (нейната температура би трябвало да достигне поне 10 keV за ρR от порядъка на $0,3 \text{ g/cm}^2$), обкръжена от студено и плътно гориво D-T (температура $< 1 \text{ keV}$, $\rho R \approx 3 \text{ g/cm}^3$). Първоначалното термоядрено възпламеняване се осъществява в горещата точка и възникващите алфа-частици (ядра на ^4He) отдават енергията си в концентрираното студено гориво. Когато са достигнати всички необходими стойности за температурата и произведението ρR , ще се породи вълна от самоподдържащо се термоядрено горене, което ще обхване много бързо преобладаващата част от D-T (Фиг. 2). В тези експерименти участват два вида механизми: на *взаимодействие лъчение – вещество*, които определят ефикасността и качеството на прехвърлянето на енергията на лазерните снопове към микробалона; с *хидродинамична* природа, от които зависи развитието на имплозията на микробалона. Проблемите, свързани с тези два типа механизми, не са едни и същи в схемите за индиректна и директна атака. Неотдавнашното разсекретяване на изследванията върху инерционното сливане позволява да се оцени качеството на получените резултати при индиректната атака.⁽³⁾ Сега се знае, че превръщането на енергията на лазерните снопове в X-лъчение е много ефективно (70-80 %), че има добър контрол на симетрията на това X-лъчение около микробалона и че се въвеждат аблационно налягане и центростремителна скорост на черупката, съответни на теоретичните предсказания. Остава един ключов проблем - контролът на взаимодействието на лазерните снопове с плазмата, което се осъществява чрез облъчване на вътрешните стени на кухината. В действителност това взаимодействие може да породи пагубни нестабилности, наречени параметрични, които се дължат на резонансно свързване между лазерното лъчение и електромагнитните вълни, които се разпространяват свободно в плазмата. Те могат да намалят поглъщането на лазерната светлина, да навредят на добрата хомогенност и да произведат много бързи частици, които прегряват студеното гориво и следователно намаляват неговото свиване.

Хидродинамичните механизми също участват пълноценно в индиректната атака. Същественият залог е да се ограничат нестабилностите, които могат да се развият по време на имплозията. Те са нестабилности от типа на тази на Рейли-Тейлър, която се поражда, когато един флуид се окаже над друг по-лек флуид, така че най-малкото смущение преобръща системата, най-плътното тяло се стреми да се озове най-долу. При имплозията ускорението или забавянето на черупката играе ролята на гравитацията. Ето защо от първични дефекти на микробалона могат да се породят нестабилности от типа Рейли-Тейлър, което води до замърсяване на горивната смес от материала на аблатора и оттук до загуба на сферичната симетрия или до невъзможност да се формира гореща точка.

Големите проекти

Двата големи проекта по сливането чрез инерциално удържане са американският NIF (National Ignition Facility – Национална горивна инсталация) и френският LMJ (Лазерен Мегаджаул). Това са военни съоръжения, чиято цел е преди всичко да поддържа знанията в областта на симулирането на ядрени оръжия чрез околния път на осъществяване на контролирани ядрени микроексплозии по схемата с косвена атака. Военната полза от тези проекти е свързана с новия контекст, породен от договора за забрана на ядрените опити.

NIF ще се строи в Лорънсовата национална лаборатория, Ливърмор, Калифорния. През 1990 г. една независима комисия на Американската академия на науките препоръча нейното програмиране при няколко уговорки. Пускането на проекта беше решено след серия експерименти, проведени в Ливърмор.

LMJ е проект на Дирекцията за военни приложения на Комисариата по атомна енергия (СЕА). Решението за осъществяването му (в 3 етапа) в градчето на СЕА/CESTA до Бордо беше взето от френското правителство през 1995 г.

Техническото сътрудничество между САЩ и Франция беше установено през 1994 г. за период от 10 г., за да се поделят разходите за развитието на лазери с голяма мощност.

	NIF	LMJ
Енергия на лазерните импулси, MJ	1,8	1,8
Дължина на вълната, μm	0,35	0,35
Брой снопове	192	240
Диаметър на последния усилвател (cm)	40 × 40	40 × 40
Дата на завършване	2003	2010

В схемата с пряката атака резултатите, отнасящи се до механизмите на взаимодействието лазерно лъчение – вещество, са известни отдавна, понеже не бяха засекретени. В случая енергията на лазерното лъчение е вложена в плазмата, която обкръжава микробалона и се свива във вакуум. Следователно това, което действа, е физиката на взаимодействие между лазерното лъчение и горещата плазма около микробалона (температура няколко keV). Преследваните цели са от една страна – да се поддържа максимално поглъщането на лазерното лъчение, и от друга – енергията да се поглъща от цялата плазма, а да не се концентрира върху една от компонентите ѝ (например електроните).

Пръв важен резултат беше демонстрацията през 1979 г. от LULI (Лаборатория за използване на мощни лазери) в Палезо на подобряването на тандема лъчение/мишена чрез използване на облъчване с малки дължини на вълната.⁽⁴⁾ Последните (0,53 μm , 0,35 μm , 0,26 μm), получени чрез удвояване, утрояване и учетворяване на основната честота (1,06 μm) на неодимов лазери, осигуряват отличен дял на поглъщане на лазерната вълна (от порядъка на 90 %), намаляват параметричните неустойчивости и осигуряват високи скорости и налягания на аблацията. Този резултат доведе до отстраняване на лазерите с въглероден двуокис (с дължина на вълната 10,6 μm) и при всички големи лазерни инсталации оттогава се използва или промяна на честотата на неодимови лазери, или K₂F, или йонни лазери с по-малка дължина на вълната.

Параметричните нестабилности остават при все това един от ключовите проблеми на пряката атака. Действително, даже ако използването на малки дължини на вълната намалява значително тяхното развитие, все още е трудно да се предвиди нивото на тези нестабилности в случай на плазма с голяма дебелина (няколко милиметра срещу едва 1 mm сега) на бъдещите опити за възпламеняване и горене. Един от изследваните пътища за борба срещу тези нестабилности е да се намали кохерентността на лазера, което се нарича оптично шлифване.

Директната атака страда и от хидродинамични нестабилности от рода на тази на Рейли-Тейлър, които могат да се развият по-лесно, отколкото при косвената атака. Липсата на равномерност на облъчването на микробалона от лазерните снопове, на същото основание, както при отсъствието на хомогенност в черупката, служи като зародиш за нарастване на тези нестабилности. Оценява се, че за да се ограничи тяхното развитие, неравномерността при подаването на енергия трябва да остане под 1 %. При пряката атака такова изискване се удовлетворява, като се използват голям брой снопове, шлифовани оптически, с точен времеви контрол на енергията на всеки от тях.

Накратко, всяка от схемите има своите предимства и недостатъци. Пряката атака има висока ефективност на пренасяне на енергията на лазерните снопове към микробалона, но трудностите, посочени по-горе, изискват отлични качества на облъчването. Косвената атака е по-устойчива спрямо нестабилностите, с цената на по-слаба ефективност на предаване на енергия. Като се вземе всичко това предвид, получените резултати в двете схеми са близки и окуражаващи, тъй като процентът на

свиване спрямо плътността на твърдото тяло ($0,2 \text{ g/cm}^3$) достига понастоящем чрез пряката атака стойност 600 при Gekko XII в Осака и чрез косвената атака 100-200 в инсталацията Nova в Ливърмор и установката Фебюс (Phebus) в Лимей.

Какви са перспективите? Няколко лаборатории развиват проекти за импулсни лазери с голяма мощност, предназначени да осъществят решителен прогрес към сливането чрез инерциално удържане, като създават методи или демонстрират запалване и горене на деутериево-тритиева смес. Двата най-важни проекта са NIF в САЩ и LMJ във Франция. При тях е предпочетена косвената атака. Тези два проекта, свързани с отбраната, са твърде подобни един на друг. При това при LMJ, благодарение на своите 240 снопа, има възможност за маневриране малко по-голяма от тази при NIF (192 снопа). Но LMJ ще бъде завършен 7 години след американския NIF.

За да се уточнят постиженията на тези инсталации, учените се осланят на опитите по имплозия, извършени със съществуващите съоръжения и чрез числено моделиране. Американците се позовават и на своята разсекретена програма Centurion-Halite, провеждана на терена на Невада от лабораториите в Ливърмор и Лос Аламос. Тя се състои в изпробване на схемата на индиректната атака чрез имплозия на мишена с помощта на Х-лъчи, генерирани с ядрено устройство.

Все пак остават някои научни неясноти. На диаграмата мощност-енергия областта, където запалването и горенето на D-T са възможни, е ограничена от пределните възможности на лазерите и от по две физически причини, за които вече говорихме, – параметричните и хидродинамичните нестабилности.

Създаването на лазер, даващ необходимата енергия, е низ от предизвикателства

Макар че тези два типа механизми са задълбочено изучени в съвременните инсталации, тяхното поведение в условията на горене (размерите на мишената, продължителността на лазерните импулси) може да се предвиди само с голяма доза несигурност. Това е така, защото оразмеряването на лазерната верига беше замислено, за да се разполага с твърде голямо поле за маневриране. Като се вземе всичко това предвид, се оценява, че лазерът трябва да бъде в състояние да освободи около 1,8 MJ за около 16 ns.

Директната атака остава един добре изучен избор, в частност в САЩ с инсталацията Омега-Ъпгрейд на университета в Рочестър. Този проект започна през 1989 г., лазерът беше завършен през 1995 г. и първите опити започнаха преди няколко месеца. Следователно изборът между директната и индиректната атаки още не е направен.

Не всички усилия ще бъдат монополизирани от големите проекти. При дадената сложност на физиката на горещата плазма, се насърчават успоредни по-фундаментални или по-перспективни изследвания, включващи специалистите по гореща плазма. Един пример е цялата физика около бързата запалка, в която се използва свръхмощен лазерен импулс. Във всички съществуващи случаи създаването на лазер, доставящ необходимата енергия, е низ от предизвикателства. Единственият кандидат днес е неодимовият лазер. Класическо устройство, основано върху линейно ускоряване,

съдържащо серия от все по-големи и по-големи усилватели, не може да се поддържа поради ниския му к.п.д.. Предложени са нови решения за проектите NIF и LMJ, като методът, при който лазерният лъч преминава многократно през всеки усилвател. Главните трудности са: поддържането на оптичните компоненти при толкова висок енергиен поток; развитието на нелинейни оптични ефекти, които биха могли да изменят посоката на разпространение на вълната и да намалят доставяната енергия; оптичното шлифоване, необходимо за равномерното облъчване на мишената; превръщането на честотата, за да се получи лъчение с дължина на вълната 0,35 μm , стойност, за която поглъщането на плазмата е оптимално. Но никой от тези проблеми не се разглежда днес като препятствие.

Изследвания в разсекретената област

Главните съвременни експериментални устройства са Nova в САЩ, Gekko XII в Япония, Фебюс във Франция и Искра V в Русия. В САЩ и Франция именно тези изследвания оставаха дълго време засекретени, което ограничаваше силно международното сътрудничество, даже около цивилните приложения. За разлика от магнитния метод, те не бяха включвани в международни програми.

Според постепенно постъпваща информация САЩ са извършили официално разсекретяване през 1993 г.⁽⁵⁾ Във Франция, където Дирекцията за военни приложения на СЕА се интересува от проблема от 1962 г., на изследванията е давана също само частична публичност, но по-дискретно. "Държавните уравнения", използвани в кодовете за компютърно моделиране, за да се опишат свойствата на веществото при екстремни условия, остават засекретени както в САЩ, така и в останалите страни.

Военната полза от тези проекти е ясна - като се държи сметка за договорите, забраняващи ядрените опити, да се пристъпи към симулации, предназначени да поддържат ноу-хау -то. Произвеждането на цивилна енергия е обект на далечна или твърде далечна перспектива. Още е твърде рано да се добие ясна представа, въпреки многобройните проучвания, посветени на темата. Да го кажем просто, главната идея за бъдещия термоядрен реактор е да се възпроизведат конструкции, подобни на LMJ и NIF, поне по отношение на имплозионната камера. Лазерите ще бъдат може би изместени от йонни снопове с по-добра енергетична ефективност.

Освободената при синтеза енергията ще бъде възстановена под формата на топлина, която ще служи за произвеждане на електричество с класически средства. При десетина имплозии в секунда, освободената термоядрена енергия може по принцип да стигне за произвеждането на един гигават електричество, което съответства на мощността на една съвременна ядрена централа.

За гражданските лаборатории изпитанията по сливане чрез инерциално удържане предлагат едно предимство: възможно е да се изучава физиката на взаимодействието лъчение - плазма и на имплозията, независимо от технологията на източниците на лъчението. В действителност физиката на взаимодействието лъчение - вещество и на имплозията зависи малко от източника на лъчението – директно от лазерни снопове, чрез превръщане на доставена от лазерни снопове енергията или от ускорени йонни снопове. Следователно една добра стратегия ще е да се работи по програма на изследвания върху източниците на лъчение за бъдещите реактори и същевременно да се изучава физиката на явлението с помощта на лазери. Тези средства са в действителност най-добре приспособени понастоящем за освобождаване на енергии от порядъка на мегаджаул за десета от наносекундата. За реактора източниците на лъчение трябва да имат близки характеристики, но с цикъл на повторение от порядъка на 10 Hz. Сноповете тежки йони са такъв възможен източник, ако при това се докаже, че могат да бъдат фокусирани в малък обем. Освен това лазерите, напompвани с диоди, характеризирани се и с високи к.п.д. и процент на превръщане, се развиват непрекъснато. Следователно е още трудно да се каже, кой от двата вида снопове ще бъде най-подходящ за бъдещите реактори.

За да научите повече:

(1) W. J. Hogan (ed.), Energy from inertial fusion, *Intern. Atomic Energy Agency* (Vienne), 1995.

2. P. Mora et C. Labaune, "Fusion thermonucléaire contrôlée", dans *Technique de l'Ingénieur*, D303, 9, 1987.

3. R. Dautray et al., La Fusion par confinement inertiel, CEA, 1994.

4. J. D. Lindl et al., "Progress toward ignition and burn propagation in inertial confinement fusion", *Physics Today*, sept. 1992.

5. W. J. Hogan et al., "Energy from inertial fusion", *Physics Today*, sept. 1992.

Превод: **А. Карастоянов**

(*La Recherche*, **299**, Juin 1997, p. 67-71)

* Това е втората от трите статии за контролирания ядрен синтез, публикувани в сп. *La Recherche*, **299**, Juin 1997, първата от които вж. в кн. 2'03, а с третата нашите читатели ще могат да се запознаят през следващата година. - *Бел. ред.*

ДОКОСВАНЕ ДО МЪДРОСТТА И КРАСОТАТА НА ДРЕВНИЯ ЕГИПЕТ

“Емпиричната физика” на египтяните;

асоциации с постиженията на съвременната физика; срещи с прекрасното”

Никола Балабанов, Пловдивски университет

Съдбата ми поднесе поредния подарък - посетих Египет. Екскурзията беше поделена между пребивавания в Кайро и Александрия и четиридневен круиз по река Нил.

Над 90 процента от територията на Египет представлява една изгоряла жълта пустиня, която не познава дъжд и сняг, мъгли и градушки; хората по тези земи не са чували никога грохота на гръмотевиците, не са виждали блясъка на мълните. Но Бог е дарил тази пустиня с най-дългата река в света, а тя на свой ред е подарила на човечеството една уникална държава. Нейна естествена защита са били ширналите се от двете страни на реката хиляди километри скали и пясък. Именно своеобразният климат на тези места до голяма степен е определил възникването и развитието на египетската цивилизация.

Изключително богати впечатления добива човек при разходките по 18-милионната столица Кайро. Градът представлява уникално съжителство на средновековие и съвременност: модерните сгради контрастират на приземните непокрити къщи (опасност от дъжд не съществува), лъскавите коли - на каручките. Заедно с огромните джамии градът е съхранил за поколенията свети за християните места - тези, в които са живеели Дева Мария с невръстния Исус по време на египетското си изгнаничество. Човек не може да остане равнодушен и неподкупен при посещението на Стария пазар - с аромата на тамян и подправки, с блясъка на златото и сувенирите и най-вече с многогласното настойчиво подканяне за покупки, съпроводено с готовността за големи отстъпки в цената (с изкуството на пазарлъка).

Музеят в Кайро предоставя на туристите богатството си от 150 хиляди експоната. Може би още толкова са пръснати из целия свят. Като голяма привилегия възприехме допускането ни във възстановената Александрийска библиотека с най-голямата читалня в света. (Тя беше готова за откриване още в края на април, но събитията в близкия Изток отложиха това събитие за есента).

Над всичко, което видяхме и почувствахме, доминират впечатленията от

СРЕЩИТЕ С ДРЕВНИЯ ЕГИПЕТ.

Древен Египет. Безмълвна вечност. Вкаменена геометрия. Една от най-тайнствените и увлекателни глави във великата летопис на човешката история. Един народ ни е оставил в наследство приказан свят от гигантски пирамиди и най-фини миниатюри, колосални сфинксове и дребни скарабеи, циклопски монументи и ювелирни шедеври.

Пирамидите в Гиза. Руините на стовратната Тива. Величествените храмове в Луксор и Карнак, Есна, Едфу и Ком-Омбо... - обелиски, мумии, папируси. Божествената Нефертити. Съкровищата в гробницата на Тутанкамон... Безброй гениални творения на архитекти, скулптори, живописци и майстори - занаятчии.

Когато човек се запознае с историята и творенията на Древния Египет стига до заключението, че именно там трябва да се търсят изворите на цивилизацията.

Прославени автори - Омир и Есхил, Сенека и Плутарх, както и много други, са черпели идеи, сюжети и вдъхновение от тази съкровищница на човешката култура. В произведенията на древноегипетските автори, в химните за боговете и в животоописанията на фараоните се съдържат дълбоки теоретични идеи за природата, за изкуството, за материалните и естетични свойства на света.

Страната на пирамидите може да се смята за люлка на повечето природни науки, в това число и на физиката.

Известно е, че великите идеи за свойствата и строежа на материята и на Вселената са формулирани от древногръцките учени. Внимателното запознаване с техните биографии обаче показва, че те са черпели знания от произведенията на египетските жреци.

Знае се, например, че родоначалникът на античната философия Талес - смятан за пръв математик и астроном, е предприемал продължителни пътешествия в Египет, откъдето, без съмнение, е заимствал знания и идеи.

Прославеният математик и мислител Питагор е живял повече от 20 години в Египет. Има сведения, че е бил приет в кастата на жреците. Възможно е от тях да е възприел идеите, заложили в устава на неговата школа, известна със своята система на култови забрани.

Основателят на античната атомистика Демокрит, ползвайки се от богатствата на своя баща, също е предприемал нееднократно продължителни пътувания на Изток, в това число и в Египет.

Продължително време там е живял и Платон. Там той е изучавал “източната наука”, запознал се е с кастовото устройство на обществото и с организацията на жреците.

Можем да си представим възхищението и вдъхновението, което са предизвиквали у гръцките мъдrecи величествените руини на онези съвършени творения на техниката и изкуството, запазени за хилядолетия. Затова египетските жреци са казвали - според свидетелството на Платон в “Тимей”, че гръците завинаги ще си останат деца в сравнение с тях. Сега ние знаем, че древногръцките учени са

направили нещо, до което техните учители не успели да достигнат - до обобщени теоретични заключения за свойствата на природата.

Продължавайки този исторически преглед ще припомним, че в Александрийската библиотека, създадена през III-ия век преди новата ера, са работили: Евклид, смятан за баща на геометрията, Клавдий Птолемей - създател на античната геоцентрична картина на света, Ератостен - заложил основите на математичната география, - и много други. Няма съмнение, че стотиците хиляди томове на тази библиотека, изгорени по-късно при набезите на завоевателите, са били истински извор на знания и мъдрост.

В запазените папируси не се съдържат явни сведения за физическите знания на древните египтяни. Но за техните

ПОЗНАНИЯ В ОБЛАСТТА НА “ЕМПИРИЧНАТА ФИЗИКА”

има многобройни свидетелства. Тези познания присъстват в забележителните архитектурни паметници, в битовите изделия, в скулптурата и живописа.

Свръхчовешкото величие на пирамидите, гигантските архитектурни маси в Карнак, приказните каменни титани, известни като “Колосите на Мемон”, изглеждат като пренесени от други светове. В действителност тези колосални творения са продукт на някаква уникална сила, възвестила началото на невиждана дотогава култура. Благодарение на тази сила от дълбините на съзнанието се родило изкуството на статичните изчисления, а от трудно извоюваните познания за природата били изведени първите закони на механиката.

Гигантските пирамиди, храмове и дворци са били построени с използването на най-простите физични механизми - лостове, клинове, наклонени равнини, приспособления за вадене на вода и др. Обработката, превозването, напасването на милионите многотонни каменни блокове са свидетелство, че египтяните са познавали елементарните закони на механиката и някои елементи на учението за равновесието. При това, възплетените в тези грандиозни съоръжения емпирични знания са съчетани с художественото мислене на древните архитекти. Статичността на портретните статуи се отличава с тържественост. Неизгладимо впечатление в храма на Карнак (най-просторния храм в света) остава залата с 23-метрови колони. На капителя на всяка една от тези колони (34 на брой) могат да застанат 50 човека! В тази внушителна монументалност творците са вложили и играта на светлосиянката, която предизвиква неповторими усещания.

Древноегипетските жреци са имали сравнително точни познания за движението на Слънцето и звездите, както и за закономерностите в техните движения. Както е известно, първият в историята слънчев календар е бил създаден преди повече от 5 хиляди години в Египет. Жреците открили, че между две последователни появявания на Сириус в лъчите на изгряващото Слънце (т.н. хелиакичен изгрев на Сириус) има $365 \frac{1}{4}$ дни. Това неотклонно, периодично повтарящо се астрономично явление почти точно съвпадало с най-важното събитие в живота на древните египтяни - разливането на река Нил. Въпреки че това съвпадение било тясно свързано с египетската митология, астрономичните наблюдения на жреците не са били използвани за гадаене относно съдбата на фараоните или на държавата. Египетската астрономия е била чиста наука, която се използвала за определяне на времето и календара.

За измерване на текущото време египтяните са използвали слънчеви и водни часовници. Главното средство обаче за определяне на времето нощем са били звездите. Интересно е, че за определяне на часа по звездите, жреците са използвали метод, който е прототип на метода, прилаган при наблюдение с пасажерен инструмент в съвременна астрономическа обсерватория.

Сред всичките творения, които днес могат да се видят в Египет като завещание от древната култура, безспорно най-внушителни са

ПИРАМИДИТЕ -

най-ярката илюстрация на “емпиричната физика”. Казват, че географското разположение на трите пирамиди в Гиза точно съответства на трите светила от съзвездие Орион. От тук започва мистиката - не са ли те творение на извънземни, не са ли сигнал от Вселената?

Пирамидите в Гиза - студени, могъщи, непристъпни; свидетели на един свят, изчезнал преди 4 хиляди години. Гледайки тези гигантски гробници, човек неволно си спомня крилатия израз на египетската поговорка: “Всичко на земята се бои от времето, но времето се бои от пирамидите”.

Ненадмината по своето въздействие е Хеопсовата пирамида. За нея се разказват легенди, в нея се търсят скрити символи, създават се фантастични разкази; тя е обгърната с магии, мистификации. В основата на всичко това стоят нейните поразяващи времеви и пространствени размери.

Пирамидата е строена от 100 хил. души в продължение на 20 години. За изграждането ѝ са използвани 2 300 000 каменни блока, всеки с тегло 2,5 тона. Много внушителни интерпретации могат да се правят на основата на тези сведения. Ето един пример: Ако каменните блокове на Хеопсовата пирамида се подредят един до друг по цялата граница на България, ще се получи крепостна стена с дебелина един метър и височина 2 метра.

Хеопсовата пирамида - титанична мощ, символ на непреходното; грандиозна геометрична абстракция, въплътена в камък за вечни времена. Вън от всякаква мистика, тя може да се приеме като най-ярка илюстрация на знанията и уменията на древните египтяни, в това число и в “емпиричната физика”.

Тя и до днес си остава чудо! И до днес учените се питат как жреците и архитектите са успели да ориентират страните на пирамидата по четирите посоки на света - отклонението спрямо географския север е малко повече от три ъглови минути. Това е завидна точност, която показва, че египтяните са разполагали с много точни знания. Не случайно някои специалисти разглеждат пирамидата като банка за научна информация - информация за знанията, които са били известни по времето на Хеопс. Френски учени смятат, че Хеопсовата пирамида съдържа информационно послание - чрез нея фараонът Хеопс е завещал своите знания на следващите поколения.

Професор Бруше от Париж предполага, че във формите на пирамидата са заложени математически, астрономически, дори космологични данни. Внушителната “възраст” на тази пирамида и нейните поразяващи размери са породили т.н.

ПИРАМИДОЛОГИЯ, чиято същност е в манипулирането с числата, отговарящи на нейните размери. Не са малко специалистите, които я разглеждат като “числена мистика”, “тайнствена наука за фараоните” и др.

Често я наричат “каменната библия”. Някои дори претендират, че въз основа на плана на пирамидата, разположението на входовете, коридорите, залите и погребалната камера, могат да проследят цялата история на човечеството. Казват, че въз основа на сведенията, извлечени от Хеопсовата пирамида, някакъв изследовател предсказал, че Първата световна война ще избухне през 1913 г. Той “сбъркал” началото на войната само с една година (сигурно Балканите пак са объркали историята!).

Ще си призная един грях спрямо “чистата” физика - по време на екскурзията аз също направих

ПРИНОС В ПИРАМИДОЛОГИЯТА,

с което удивих цялата група. Нашият гид, Ахмед, съобщи, че височината на Хеопсовата пирамида е 137 метра. След това, по време на следобедния чай на палубата, аз споделих, че числото 137 е свещено за физиците. В него се съдържат загадките на електромагнетизма, теорията на относителността и квантовата теория ($1/a = 4\pi\epsilon_0\hbar c/e^2 = 137!$). Това число, се опитах аз да внуша на моите слушатели, е също толкова тайнствено, колкото и самата пирамида. С неговото тълкуване са се занимавали Паули, Хайзенберг, Файнман. А Р. Файнман предложил всички физици да окачат в кабинетите си табелка с числото “137”, за да им напомня колко много неща те не знаят.

Към обясненията си прибавих и духовития разказ на Ледерман от забележителната му книга “Частичката - Бог”. Той “съветвал” своите студенти, ако някога попаднат в беда в голям град, където и да е по света, да напишат на една табелка числото 137 и да застанат на някое оживено улично кръстовище. Все някой физик ще разбере, че са в беда и ще им се притече на помощ.

Както се вижда, при добро желание тайните на Хеопсовата пирамида могат да се свържат с едно от тайнствата (и постиженията) на съвременната физика.

Произведенията на древните египтяни предизвикват и други интересни асоциации и

АНАЛОГИИ С ПОСТИЖЕНИЯТА НА СЪВРЕМЕННАТА ФИЗИКА.

Едно от техните забележителни творения е сфинксът. Чрез причудливото съчетание на човека и царя на зверовете, древният майстор се е опитвал да разкрие царствената мощ на човека, неговото господство над света.

Сфинксът е човеко-лъв. Но той не е нито лъв, нито човек; по-скоро това е човек, представен чрез лъва и лъв, възприет чрез човека. Двете страни - “лъвската” и “човешката” - са равноправни; те са самостоятелни, но в същото време - свързани. Всичко “лъвско” в човека и всичката “човечност” в лъва са споени така, че възниква ново, несрещано в природата същество. Но това същество помага на човека да опознае по-добре и природата и самия себе си. Така, чрез съпоставянето на две самостоятелни явления в един образ, се ражда ново знание за света.

Съвременен аналог на тези мистични древни обекти са квантовите обекти във физиката - атомите и субатомните частици. Те не са нито частици, нито вълни. Както сфинксът не може да се "разреже" на две, запазвайки живота и на лъва, и на човека, така и електронът не може да се раздели на две части - на вълна и частица.

Сфинксът не е просто сума от лъв и човек, а нещо качествено ново. Квантовите обекти са били също нещо свършено ново за физическата теория в началото на XX-и век. Рожби на квантовата механика станаха обекти, които обединяват свойствата и на частици, и на вълни - своеобразни микросфинкове, микрокентаври. Цялото "население" на микросвета принадлежи към неизброимите племена на микросфинковете: протони, неутрони и електрони, мезони и хиперони, кварки и глюони... Всички те изискват за правилното им описание такива идеи и образи, каквито могат да се видят заложи в митичните древноегипетски същества.

Подобни съчетания на човек и животно могат да се видят в много произведения на древните египтяни. Изображенията на такива митологични същества като бога Анубис - с тяло на човек и глава на чакал (или вълк), а също боговете Хор (с глава на сокол), Тот (с глава на ибис), Хнум (овен), Баст (котка) и т.н., могат да послужат като модели за художествени образи, а също и за физически обекти, с които съвременната наука разполага. Във всяка от посочените същества художествената мисъл на древния майстор е съединила два обекта така, че всеки от тях едновременно и се запазва и се разтваря в другия. В резултат на този синтез възниква свършено ново същество, съчетаващо в себе си елементи на своите прародители.

Как да не види физикът в тези обекти, в техния замисъл боровския ПРИНЦИП ЗА ДОПЪЛНИТЕЛНОСТТА, според който всяко действително дълбоко природно явление изисква за своето обяснение поне две взаимноизключващи се, допълнителни понятия?

Сред неизброимите преживявания, които изпитахме в Египет, едва ли нещо може да се сравни по въздействие с онова, което предизвиква съкровището от гробницата на Тутанкамон. И не килограмите злато (саркофагът е направен от 110 kg чисто злато) са тези, които смайват очите, а

СРЕЩАТА С ПРЕКРАСНОТО.

Трябва да призная, че очаквах с огромно вълнение тази среща, защото за мене тя щеше да бъде повторна, но не по-малко вълнуваща. През пролетта на 1974 г. (по време на една от командировките ми в ОИЯИ, Дубна) имах възможност да посетя Музея на изобразителното изкуство в Москва и да се запозная със забележителната експозиция, посветена на гробницата на Тутанкамон. Тогава пред мен за пръв път се разкри с цялото си величие древният свят на Красотата.

И ето ме отново пред този свят!

Маската на Тутанкамон - застинал в своето величие господар на Горен и Долен Египет. Последен фараон от XVIII династия. Богоравен, провъзгласен за цар, когато е бил на 9 години, убит на 18-годишна възраст. Трудно може човек да откъсне погледа си от широко отворените, безкрайно тъжни очи на младия цар, да се нагледа на неговата мека, едва забележима усмивка, да остане равнодушен пред девичето лице на неговата

съпруга, изпълнено с диханието на младостта и чистотата. Анхесенамон - дъщеря на великата Нефертити. В жестовете на нейните фини смугли ръце и на цялото ѝ лице има толкова прелест, толкова изящество, че човек не може да се налюбува на тази крехка царица, на тази очарователна жена.

Маската на Тутанкамон притежава едно вълшебно качество - тя изглежда като жива. В нея се съчетават несъвместими понятия: древен деспот и болезнен юноша, величието на каноничната власт на фараона и цялото безсилие на младия човек пред лицето на жреческата йерархия. Лицето на Тутанкамон е сковано завинаги, в същото време при по-продължително наблюдение в него се вижда въплътена множественост от състояния, свойствена само на живите лица: замисленост, меланхолия, мекота, интелигентност, усещане за драма, за жизнени трагедии... Това е сърцевината на изкуството на Древния Египет - вътрешно движение, скрито под маската на външна скованост.

Едва ли някое друго изкуство може да отприщи такъв поток от емоции и асоциации, както творчеството на Древния Египет. Понякога всичко видяно изглежда като магия - така въздействаща е силата на очарованието; толкова огромно е вълнението, което усещаме, гледайки привидно спокойните, като че ли статични, дори сковани творения на изкуството, създадено преди хилядолетия.

Именно тази статичност, спокойният отмерен ритъм, строгата хармония, покой и съсредоточеност, които царят в скулптурата, живописа и архитектурата на Древен Египет разтърсват нашето крайно изтерзано от динамиката и шума, от експресиите и дисонансите въображение.

Може би в това се състои секретът на поразителното въздействие, тайната на магнетизма, съдържащи се в тези шедьоври - в тази пределна събраност, в привидната скованост, в оскъдните изразни средства и в поразителната обобщеност на образите; с една дума - в огромното напрежение на синтеза, вложен в тях, понякога дори в най-малката статуетка. И, разбира се, в колосалното включване на опита на десетки поколения майстори във всяко творение. Така се раждат образи - символи, притежаващи гигантски заряд за емоционално въздействие, неотразимо впечатляващи разума и чувствата на уморения от зрелищата на 20-и век човек.

ФИЗИКАТА В ДЕЙСТВИЕ – УЧЕНИЧЕСКИ КОНКУРС ЗА ИЗРАБОТКА НА УРЕДИ

На 10 май 2003 г. в Националния политехнически музей (НПМ) - София се проведе II-ят конкурс на ученици от Софийските училища за изработване на демонстрационни и лабораторни уреди за кабинетите по физика в две секции – първа (VI-VIII кл.) и втора (IX-XII кл.).

При пълната подкрепа от страна на ръководството на Софийския клон на СФБ и с организационните усилия и умения на преподавателите по физика Галя Русева, Росица Лефтерова от ТЕА и Светла Панайотова от 81 СОУ, както и със съдействието на ръководството на НПМ, провеждането на конкурса и неговото заключително представяне в музея премина на високо професионално равнище.

Тази година в конкурса участваха 54 уреда (спрямо 21 в I^{вия} конкурс от 2002 г.), изработени от 41 ученика на 14 столични учители по физика. За пръв път са представени и три компютърни програми. Много от участващите в конкурса уреди са оригинални, някои от тях са изготвени с голяма вещина и могат да бъдат полезни при обучението по физика, както и да създават повишен интерес към физическото познание.

Журието за преглед и награждаване на представените уреди и компютърни програми в състав: Елка Златкова, експерт по физика в РИО-София; ст.н.с. Крум Коленцов от ИФТТ-БАН (за втора секция), Цветанка Къовлиева, ст.н.с. Васил Бакърджиев, учители от София (за първа секция) предварително се запозна с представените уреди. Окончателно решение за класирането журието взе след провеждане на демонстрация на всеки уред от своя създател пред публиката в салона на НПМ и след задълбочено обсъждане и съпоставяне на изготвените и демонстрирани уреди. Гост на представянето бе кметът на София – г-н Стефан Софиянски, който поздрави участниците и присъстващите на демонстрацията и поднесе две книги като награди от кмета – енциклопедия на Ларус и “Вселената в орехова черупка” на Стивън Хокинг. Удоволствие бе да се наблюдава колко сериозно, ангажиращо и с любов представиха уредите си учениците. Първенците в двете секции са:

Секция VI-VIII клас			
Класиране	Ученик/ (преподавател)	Данни за ученика	Уред
Награда на кмета	Галина Игнатова (Ир. Билярска)	7 кл. 149СОУ	Ракета VG-78
I място	Виктор Еленков, Любослав Еленков (З. Стоянова)	7 кл. 131СОУ	Учебно пособие за лабораторна работа и опити по физика за 7 кл.

II място	Георги Петров (<i>Р. Тодорова</i>)	8 кл. 6 ОУ	Слънчев спектър (получаване на бяла светлина); Генератор на ел. ток; Макет на хладилник; Електромагнит
III място	Димитър Георгиев, Кирил Ангелов (<i>Св. Панайотова</i>)	7 кл. 81СОУ	Оптичен кръг
Секция IX-XII клас			
Награда на кмета	Антоан Трифонов (<i>Ир. Билярска</i>)	12 кл. 149 СОУ	Въздушно-електрическа турбина
I място	Николай Чернев (<i>Р. Станков</i>)	10 кл. 123 СОУ	Изследване действието на транзистора като усилвател: Схема общ емитер с батерия; Схема общ емитер с фотоелемент; Схема обща база
II място	Любен Томов, Ангел Марчевски (<i>Р. Георгиева</i>)	10 кл. 56 СОУ	Зависимост на съпротивлението на стъклото от агрегатното му състояние
III място	Георги Симеонов (<i>К. Тонева</i>)	10 кл. 10 СОУ	Нютонов кръг; Изолаторна поставка с метални проводници за лаб. у-ние “Определяне специфичното съпротивление на метален проводник”; Фонтан; Волтова дъга
Награда за перспективно приложение	Артин Пилибосян (<i>Р. Лефтерова</i>)	11 кл. ТЕА	Антиинсект; Ефектен озонатор на въздуха
Награда на НПМ	Боян Захариев (<i>Д. Семкова</i>)	10 кл. 26 СОУ	Презентации на уреди по физика
Компютърни програми			
I място	Димитър Караиванов (<i>Р. Лефтерова</i>)	9 кл. ТЕА	Физиката за VII и VIII кл. – основни закони и явления
II място	Радослав Сандов (<i>Р. Лефтерова</i>)	9 кл. ТЕА	Компютърна анимация на уроци и тестове от раздела “Електричен ток”
III място	Николай Тодоров	9 кл. ТЕА	Астрофизика

Членовете на журито раздадоха следните награди от Софийския клон на СФБ:

- * Грамота за участие, съответно за класиране;
- * Фирмен химикал за всеки участник и за неговия преподавател по физика;
- * Предметни награди за класиране на I, II и III място в двете секции;
- * Годишен абонамент за сп. "*Светът на физиката*" за наградените за перспективно приложение и компютърните програми.

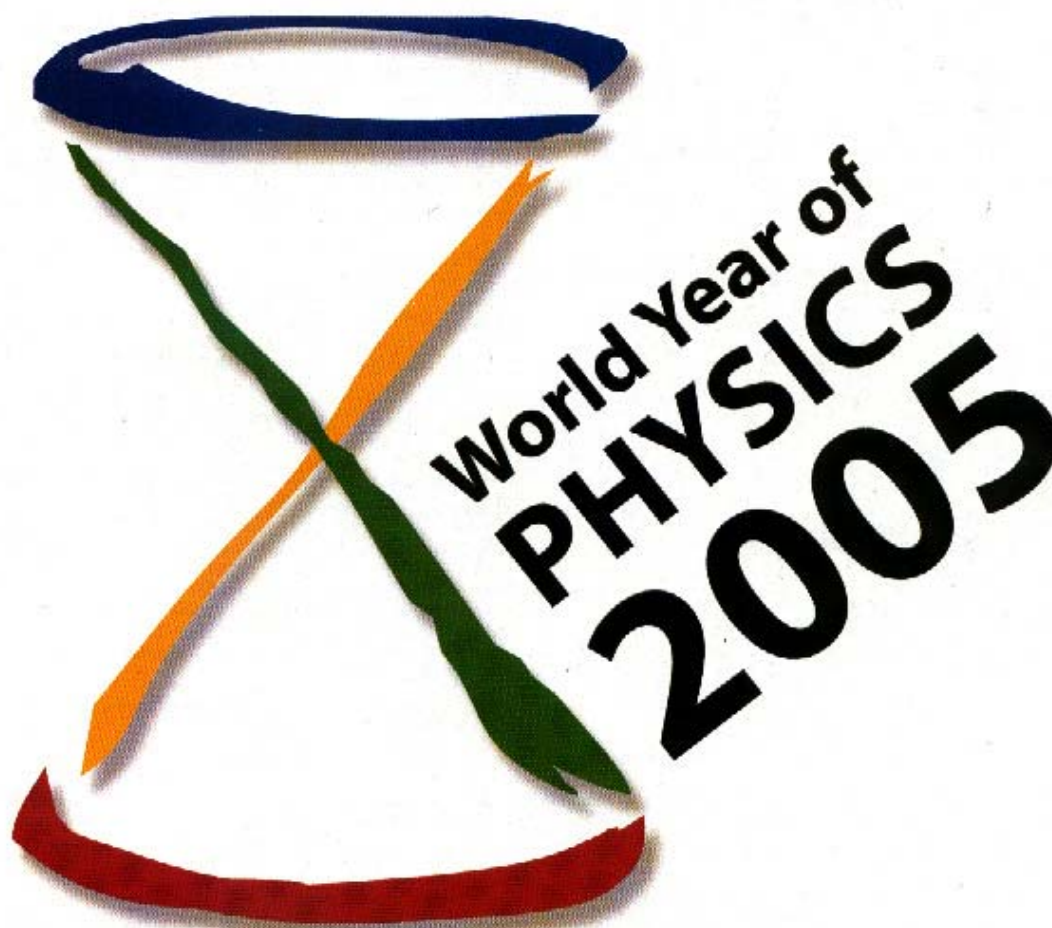
Директорът на музея инж. Александър Вълчев връчи наградата “Наръчник на музеите”.

За първи път тази година организаторите на конкурса издават “*НАРЪЧНИК 2003*”, 69 стр., в който са отразени изготвените уреди и компютърни програми с данни за тяхното предназначение, техническо описание, указание за работа, данни за автора и съответни чертежи или снимки на уреда. Да пожелаем тази инициатива да продължи и при следващите конкурси, за да може физиката да заеме полагащото ѝ се първостепенно място сред природните дисциплини и по този начин да се отразяват успехите на физиката в Софийските училища през годините. Запис от провеждането на конкурса в НПИМ бе излъчен в сутрешното предаване на БНТ на 12.05.2003 г.

Да се надяваме, че в третото издание на конкурса през следващата година ще участват повече уреди и интересувачи се ученици, защото физиката е основната природна наука, която допринася за успеха и просперитета на всяко общество и любовта към нея още от ученически години води до по-късно участие и постижения в научната, научно-приложната и индустриалната дейност на обществото. От друга страна стремежът на учениците към познание в света на физическите науки трябва да бъде така насочван и поддържан, както и този към неговата практическа реализация в уреди, апарати и компютърни програми.

Елка Златкова, Крум Коленцов и Галя Русева

2005 г. - СВЕТОВНА ГОДИНА НА ФИЗИКАТА



На Третия световен конгрес на физическите съюзи (Берлин, декември 2000 г.) Марсиал Дюклоа, тогава вице-президент, а година по-късно - президент на Европейския съюз на физиците, предложи годината 2005 да бъде провъзгласена за “Световна година на физиката” (World Year of Physics – WYP). Аргументът е, че това е стогодишнината от фундаменталните открития на Айнщайн в три твърде различни области на физиката: квантовата теория (фотоефекта), теорията на полето (специална теория на относителността) и статистическата физика (Брауновото движение). Трябва да посочим, че идеята за това хрумва на проф. Дюклоа, след като той се запознава със статия на български автор, публикувана във френското списание *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, (25, № 3-4, 2000 г.; в статията се търсят общите идейни корени на Айнщайновите открития в годината 1905, наречена от автора *Annus Mirabilis* - чудедейната година).

Айнщайновата *Annus Mirabilis* ще бъде в центъра на 13-та Генерална конференция на Европейския съюз на физиците, която ще се състои на 11-15 юли 2005 г. в Берн (швейцарския град, в който 26-годишният Айнщайн като чиновник в патентно бюро създава епохалните си трудове).

На Световния конгрес, където са представени повече от 45 физически съюзи, предложението на проф. Дюклоа е подкрепено единодушно. Основната цел на Световната година на физиката (СГФ) е да се привлече световното обществено внимание към физиката като фундаментална наука за природата с огромно въздействие върху социално-културния живот на човечеството. Инициативата беше подкрепена не само от страните-членки на Европейския съюз на физиците, но също от IUPAP (Международния съюз за чиста и приложна физика), от ЮНЕСКО, а предстои и ООН да приеме резолюция в този дух.

Честването на СГФ ще фокусира многобройни и разнообразни прояви, целящи да повишат обществения интерес към физиката: радио- и телевизионни програми, статии във вестници и списания, училищни и университетски изяви, научни колоквиуми, изложби и т.н. Особено важна част от тези прояви трябва да бъдат широките научно-културни дискусии относно перспективите на физиката през 21 в., общественото и културното значение на физиката, обучението по физика, интердисциплинният характер на физиката и нейният ефект върху възникването на нови научни и технически области, връзките между различните клонове на физиката, връзките между фундаментална и приложна физика, между теоретична и експериментална физика и т.н. Не трябва да се пренебрегват и проблемите, свързани с мимикриращите върху физиката различни паранауки (астрология, уфология и сродните на тях).

Тези насоки на дейност винаги имат конкретни локални и национални форми. За СФБ това означава: да се информират правителствените институции и да се търси тяхната подкрепа, да се дават редовни бюлетини в печатните органи на страната и в ЕСФ за дейностите в тази насока и да се открие web страница за WYP (СГФ).

М. Бушев

РАБОТНА СРЕЩА

От 21 до 25 септември 2003 г. беше проведен ESF Exploratory Workshop на тема: “Микровълново и оптично приложение на наногранулирани фероксиди (прахове, флуиди и композити). Високочестотни измервания и биомагнитни приложения”.

Работната среща беше организирана от Института по електроника на БАН и финансирана от European Science Foundation. Ръководители на работната среща бяха проф. Филип Телхад от университета “Пол Сабатие” в Тулуза и проф. Иван Недков от ИЕ - БАН. Представител на Европейската научна фондация бе професор Масимо Мартинели, който откри срещата заедно с проф. Недков. Участваха 30 души - 12 от България и 18 от чужбина: Белгия, Германия, Ирландия, Италия, Русия, Словения, Франция, Хърватска, Чехия, Швейцария, САЩ и Япония. Беше организирана официална среща между Главния научен секретар на БАН проф. Н. Якимов и проф. Мартинели, на която двамата обсъдиха възможностите за бъдещи научни проекти. Целта на срещата беше обсъждане на получаването и изследването с помощта на съвременните електронни методи (микровълнови и оптически) на наногранулирани фероксиди за биомагнитни приложения. Това са нови материали със суперпарамагнитни свойства, които представляват особен интерес за пренасянето и концентрирането на лекарствени препарати при лекуване на ракови заболявания, контрастни агенти за нуждите на ядреномагнитни изследвания на човешкото тяло, за генно инженерство, защита на биологични обекти от електромагнитни излъчвания и др.

Изнесените 24 доклада бяха разделени по тематика в шест сесии: Наноструктурни магнитни оксиди (мономонени, частици и кластери); Ферофлуидни композити; Биомагнетизъм и наноструктурни магнитни оксиди; Характеризиране на свойствата на тези материали; Моделиране; Приложения.

Изключителен интерес предизвикаха докладите на чл.-кор. Сергей Никитов от Института по радиоелектроника на Руската академия на науките “Magneto-Photonic and Magnonic Crystals”, на професор Пол Фейнин от Тринити коледж, Дъблин, - “Measurement and Analysis of the Complex Susceptibility of Ferrofluids”, на проф. Иван Петров от университета в Илинойс, САЩ - “Advances in Nanomaterials Characterization”, проф. Х. Хофман от Техническия университет в Лозана - “Nanostructured Biomagnetic Materials: from Physics to Application”, на д-р Д. Шулер от Макс - Планк института по морска микробиология в Бремен - “Making Magnets by Bacteria: The Biomineralization of Magnetic Nanoparticles”, на проф. Ж. Бибет от Университета “Пиер и Мария Кюри”, Франция - “Colloidal Assambling for Biological Diagnostics”.

От докладите на българските участници голям интерес предизвикаха тези на акад. А. Петров, ИФТТ-БАН - “The Lyotropic State of the Matter - Molecular Physics and Living Matter Physics”, на доц. А. Проjkова от СУ ‘Св. Климент Охридски’ - “Simulation Techniques (Monte Carlo and Molecular Dynamics) for Nanosize Systems” и на ст.н.с. С. Събчевски от ИЕ-БАН, който представи резултати от съвместна разработка с проф. Т. Идехара от Университета Фукуи, Япония, - “Using Sub-millimeter Radiation for the Study of the Living Body”.

Създадената приятелска атмосфера даде възможност на участниците в работната среща да обменят мнения и идеи за бъдещи научни контакти и съвместни изследователски проекти.

Т. Меродийска

За книгата на Роберт Попиц и Владимир Пенчев

“ЖИВОТ С РАДИАЦИЯ”



"Живот с радиация" на Роберт Попиц и Владимир Пенчев е посветена на използването на йонизиращите лъчения и свързания с това риск за здравето на хората. Тя е второ, актуализирано и значително допълнено издание под същото заглавие. Прави чест на Попиц, който сам подготви това издание, че запази съавторството на колежата Пенчев осем години след неговата смърт.

Терминът *радиация* се наложи у нас след чернобилската ядрена авария през 1986 г., като постепенно измести по-точния *йонизиращо лъчение*. Предпочитанието на авторите към по-краткия синоним вероятно е и заради неговата по-голяма популярност сред неспециалистите, към които предимно е адресирана книгата.

Първите две глави са необходими на читателя, за да навлезе в темата. Въпреки малкия си обем те включват най-важното за разбиране на сложния и разнороден материал в областта на йонизиращите лъчения и радиационната защита. Първата глава

на книгата съдържа конспективно основното за йонизиращите лъчения: видове, получаване и свойства, взаимодействие с веществото. Във втората глава е направен много кратък преглед на дозиметрията на йонизиращите лъчения. Тя включва основните величини в дозиметрията и радиационната защита, дефинирани съгласно документите на Международната комисия за радиологични единици и измервания (ICRU) и Международната комисия по радиологична защита (ICRP). Синтезирано са описани основните методи за измерване на дозиметричните величини и за спектрометрични изследвания. Много точно са представени пътищата за попадане в човешкото тяло на радионуклиди от атмосферата, описани са основните методи за определяне на инкорпорираната активност.

Много интересна е третата глава на книгата, посветена на биологичното действие на йонизиращите лъчения и радиационния риск. Отново в малък обем е синтезирана голяма информация от тази област на знанието, изпълнена все още с неясноти и хипотези. Главата включва най-важното от схемата и етапите на действието на радиацията върху живите организми. Сравнително по-подробно са описани радиационните изменения и увреждания у човека и факторите, от които те зависят. Тук е приведен привличащ вниманието пример, илюстриращ един от радиобиологичните парадокси: предадената лъчева енергия на човека при облъчване с 50 % летална еквивалентна доза (стойност на еквивалентната доза, при която загиват половината от облъчените лица) е еквивалентна на топлината, погълната от човек чрез една лъжичка горещо кафе! С други думи, внасяната в тялото на човека лъчева енергия е нищожна, а радиобиологичният ефект – фатален. Затова крайно неточно е да се казва, че болните, провеждащи лъчелечение, правят “нагревки”.

Главата “Радиацията в нашето ежедневие” представлява кратък обзор на използването на йонизиращите лъчения в различни отрасли на икономиката, медицината и ядрената енергетика. Наситена с интересна и полезна информация е частта за ядрено-горивния цикъл.

Облъчването на хората от природните (естествените) източници на йонизиращи лъчения е съдържанието на следващата, пета глава. Особено място е отделено на радиоактивния газ радон (^{222}Ra), на който се дължи около половината от облъчването от т.нар. *природен радиационен фон*. Подчертано е, че радонът е единственият природен източник, облъчването от който зависи от радиационната култура на човека: можем да намалим дела на това облъчване в бита с елементарни и безплатни действия. Информацията в тази глава е нужна за сравняване на облъчването на хората от природния радиационен фон и от техногенните източници на йонизиращи лъчения, много важно за разсейване на мита за големия дял на облъчването от ядрената енергетика.

Облъчването на хората от техногенните източници на йонизиращи лъчения, т.е. допълнителното облъчване над природния радиационен фон, е тема на следващата глава на книгата. Тя е най-голяма и с най-много добавки към първото издание. Проследени са етапите в опитите с ядрено оръжие и тяхното влияние върху радиационната обстановка в света. Показано е, че тези опити са причинили значително допълнително облъчване на големи групи от населението в бившия Съветски съюз и в САЩ, съизмеримо и по-голямо от облъчването от природния радиационен фон. Разгледан е проблемът “обеднен уран” в неговия радиационен и токсикологичен аспект.

Книгата опровергава тенденциозните информации в българските медии за пагубни последици у нас от бомбардировките в съседна Сърбия.

Особено внимание в тази глава е отделено на облъчването на населението от ядрената енергетика, и по специално от ЯЕЦ “Козлодуй”. Подчертано е, че при нормална експлоатация ядрените централи имат незначителен принос за допълнителното, надфоновото облъчване. Това се потвърждава от числените данни в докладите на Научния комитет по действието на атомната радиация (UNSCEAR) на ООН и на Агенцията за ядрено регулиране към Министерския съвет. В книгата е поместена осемстепенната Международна скала за ядрени събития. Описани са значимите ядрени събития в света, свързани с ядрената енергетика. Специално внимание е отделено на аварията в Чернобилската ядрена централа през 1986 г., единствената от най-високата степен, ниво “7”, т.е. “тежка авария”. Поместени са нови данни от авторитетни официални източници, които в първото издание на книгата липсваха по разбираеми причини. Ядрените събития в ЯЕЦ “Козлодуй” през последните години са от ниво “2”, т.е. “инцидент” (едно единствено) и нива “1” (“аномалия”) и ниво “0” (“извън скалата”); освен това те показват тенденция към намаляване. Постоянният радиационен контрол у нас не дава данни за радиационни изменения на околната среда извън площадката на централата. Средното лъчево натоварване на работещите в ЯЕЦ “Козлодуй” е значително под нормите за радиационна защита на персонала.

Голямо достойнство на “Живот с радиация” е авторовата позиция по дискусияния въпрос за ядрената енергетика – професионална и убедителна, без спекулативни пристрастия. Тази позиция е далеч от бодряческото “няма страшно”, но и чужда на всевъзможните спекулации на родни и международни “капацитети”. За радиационната защита в ядрената енергетика заслужава внимание следният цитат от книгата: “Изискванията към съвременните атомни електроцентрали са толкова строги, че ако подобни изисквания биха били поставени към транспортните средства, навярно улиците, пътищата, ж.п. гарите и летищата почти напълно ще опустеят”. В много голяма степен това се отнася и за радиационната защита във всички области на приложение на радиацията.

Използването на йонизиращите лъчения в медицината е най-големият източник на допълнително, надфоново облъчване на хората. Това се дължи най-вече на рентгеновата диагностика, в която са и големите резерви за неговото намаляване. За България делът на рентгеновата диагностика в общото допълнително облъчване на населението е около 75 %, приблизително два пъти по-голям от този в Англия. Затова у нас се работи по широка национална програма за намаляване на облъчването при медицинско използване на йонизиращите лъчения в изпълнение на Директива 97/43/EUROATOM на Европейския съюз, иницирана и субсидирана от Съюза.

В последната глава на “Живот с радиация” са изложени принципите на радиационната защита и концепцията ALARA. Много точно е представено обосноваването на нормите за радиационна защита на персонала и на населението. Главата продължава с практическите мерки за намаляване на облъчването както на персонала, така и на провеждащите медицински процедури с използването на йонизиращи лъчения. Следва много важна и актуална информация за защита на населението при аварии на ядрени реактори. Книгата завършва с организацията на радиационния контрол в България, една от ефикасно действащите в страната системи за защита.

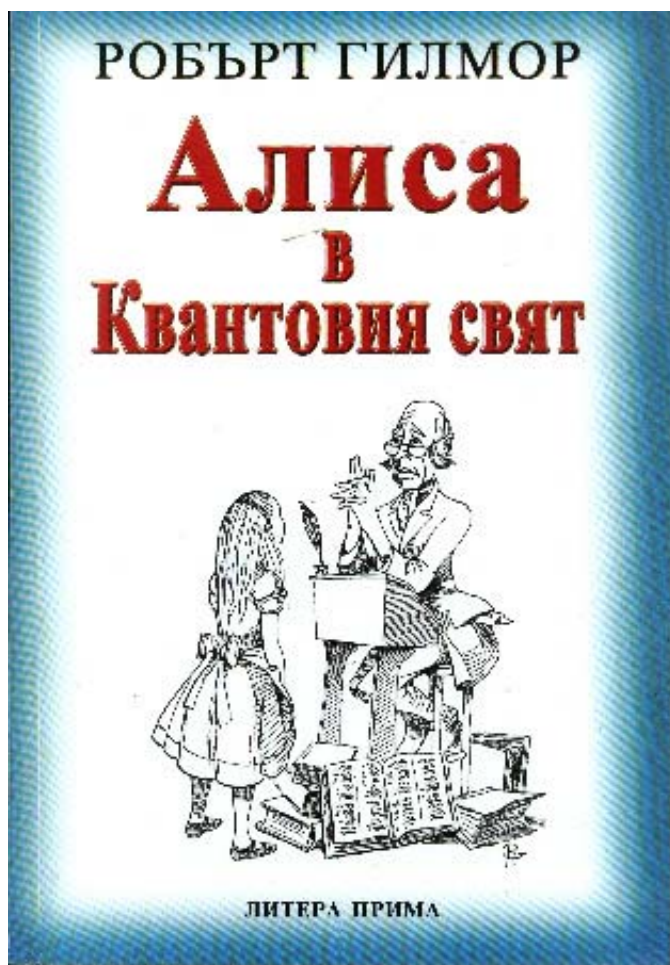
Накрая ще си позволя и две критични бележки. Неизползването от авторите на термина радиоактивен източник (предполагам за опростяване на изложението) внася недопустима неточност: величината активност е параметър на радиоактивен източник, а не на радионуклид, както пише в първите две глави на книгата (например на 44 стр.). Полезно би било оценката на общия радиационен риск да се сравни с много по-големия общ риск за здравето от тютюнопушенето – в книгата добросъвестно е посочен само радиационният риск от него, дължащ се главно на вътрешното облъчване от радионуклида полоний (^{210}Po).

Препоръчвам “Живот с радиация” на всички специалисти и неспециалисти в областта на йонизиращите лъчения, на всички физици и нефизици.

Към края на 2003 г. Роберт Попиц ще празнува юбилей. По този повод си спомням една хубава приказка, която чух това лято в Родопите. На въпроса на мъж към една жена на колко е години, тя отговорила: “За теб съм на двайсет и пет, а останалите не те интересуват.” Дарявам тази приказка на колегата и приятеля Роберт. А след най-важното – здраве и любов – му пожелавам творческо дълголетие, за да напише още хубави и полезни книги.

Венцеслав Тодоров

“АЛИСА В КВАНТОВИЯ СВЯТ”



Популяризацията на науката (и на нейната история) започва като “наука за дами” – книги за украса на дамските будоари. По онова време никой не чете Нютон, но всички говорят за него, Волтер трупа точки на негов гръб, а жонгльорството с научна терминология не е чуждо и на Дон Жуан... Разбира се, подходите могат да бъдат най-различни. Може да се романизира: *“Госпожа Галвани беше настинала от разходките си из местните блатни околности и бяха ѝ препоръчали горещ жабешки бульон (...)”*. И съпругът ѝ открива “животинското електричество”! Да се иронизира: Гей-Люсак, за да се издигне с балон по-високо, изхвърля като баласт едно кресло, което е помъкнал със себе си. Креслото, пробивайки облаците, пада сред стадо овце и скучаещите овчари. Започва горещ спор за “мебелировката в рая”, който се превръща в обществен (салонен) дебат...

Неотдавна, съвсем случайно, ровейки по рафтовете на една книжарница, попаднах на това заглавие – издателство “Литера Прима”, София, 2002 г. За автора, професор Роберт Гилмор, знаех от водещото му участие в експериментални изследвания в областта на физиката на високите енергии, провеждани в CERN, Женева.

Но за това му прегрешение чувах за пръв път – такъв достолепен човек и високоавторитетен учен, пък вече десетина години се занимава с популяризиране на съвременната физика, а и сам илюстрира книгите си...

Може и да се забавлява... Такъв е подходът на Роберт Гилмор. Напълно сполучлив и уместен, особено що се отнася до квантовия свят. Впрочем Алиса е един от най-подходящите персонажи, които могат да разберат този свят – достатъчно е да прекрачиш забраната на Копенхагенската школа за задаване на “безсмислени” въпроси, да имаш необременена памет, богато въображение, доброжелателно отношение и да приемаш всякакви обяснения. На Бор приписват думите: *“Ако на човек не му се завие свят, когато мисли за квантовата теория, значи не я е разбрал”*. Признавам, в такива случаи на мен винаги ми се завива свят, но това съвсем не значи, че съм я разбрал... За разлика от Алиса.

Професор Гилмор с лекота разорава цялото поле на квантовата физика – като се почне от Менделеевата таблица, мине се през Банка “Хайзенберг”, Академия “Ферми-Бозе”, замъка “Ръдърфорд” и се стигне до теоремата на Бел и експериментите на Аспе(кт). При това без да примитивизира, опростява или вулгаризира. Наистина, книгата не е за изучаване на квантовата физика, но младите хора със сигурност ще бъдат заинтригувани, попаднали в този наистина чуден свят. А онези, които са бродили из него, ще се забавляват искрено. За преподавателите по физика в горните класове на средните училища книгата може да бъде неизчерпаем източник за илюстрации и разнообразяване на преподавания материал.

Понастоящем, когато популяризирането на науката е попаднало в ръцете на “чевръсти литератори”, които пишат бързо за любознателната публика и заливат литературния битак, появата на качествена научно-популярна книга е за приветстване. Сега не искам и да споменавам потоците псевдо-, квази-, лъже-наука и наукоподобие, която затлачва почвата – разглежданата книга е на светлинни години разстояние от това.

Както пише във въвеждащата страница, “Алиса в квантовия свят” е преведена на френски, немски, гръцки, японски, италиански, корейски, полски, португалски, китайски и турски език. Общият ѝ тираж е 79 милиона броя. В България книгата излиза в... “По-добре погледнете издателското каре накрая... и не се усмихвайте”. Поглеждаме – 250 броя и заплакваме... Всъщност, може би по-добре малко, отколкото нищо, се утешаваме както винаги ние. Още повече, че издателството обещава, ако тази книга се приеме добре, да издаде и другите две книги на Гилмор: “Загадъчната песничка на чичо Скръдж” и “Магьосникът на кварките”. Ако се съди по “Алиса в квантовия свят”, - струва си:

Граби народе!

Н. Ахабабян

e-mail до Редакцията

В неподписан e-mail до редакцията на сп. “Светът на физиката” се казва:

“С интерес прочетох статията на проф. Й. С. Шкловски “Съществуват ли извънземни цивилизации” (кн. 3, 2002 г.) и репликата на Хр. Манев (кн. 2, 2003 г.). Позволявам си да ви предложа един малък пасаж от текст (писан по друг повод, но свързан с тази проблематика) на видния английски философ Карл Попер (*Philosophers on Their Work*, v. 3, 1975):

“На един от астронавтите, които за първи път стъпиха на Луната, се приписва простата и мъдра бележка, направена от него при завръщането му (цитирам по памет): “Много планети съм виждал през живота си, но винаги съм копнял за Земята” Смятам, че това не е просто мъдрост, а философска мъдрост. Ние не знаем как се е случило така, че сме живи на тази малка планета, или защо е трябвало да има нещо като живот, за да направи нашата планета толкова красива. Но ето, ние сме тук и имаме всички причини да се удивляваме на това и да се чувстваме благодарни за него. То е нещо подобно на чудо. Защото всичко, което науката може да ни каже, е, че светът е почти лишен от материя, а там където има материя, тя почти навсякъде е в хаотично, турбулентно състояние и е необитаема. Може да съществуват много други планети с живот на тях. И все пак, ако изберем случайно място в света, тогава вероятността (изчислена на базата на съмнителната ни съвременна космология) да открием тяло, носещо живот на това място, ще бъде нула или почти нула. Така че животът притежава най-малкото стойността на нещо рядко; той е ценен. Склонни сме да забравяме това и да гледаме евтино на живота, може би защото не се замисляме или може би, защото тази красива наша Земя несъмнено е доста пренаселена.

Всички хора са философи, защото по един или друг начин всички формират отношение към живота и смъртта. Има такива, които смятат, че животът няма стойност, защото завършва със смърт. Те не успяват да разберат, че обратният аргумент също може да се издигне: че ако животът нямаше край, той не би имал стойност; че постоянно наличната опасност да го загубим е отчасти онова, което ни помага да осъзнаем ценността на живота”.

Бележка на Редколегията.

За нас е чест, че читател на “Светът на Физиката” чете Карл Попер. А може би по-правилно е да кажем: че почитател на Карл Попер чете и нашето списание ... Ние пък ще добавим друг цитат на същия философ, определящ **“интелектуалци, т.е. хората, които се интересуват от идеи, са най-вече онези, които четат и може би пишат ...”**

Ст.н.с. д-р АЛЕКСАНДЪР ФРАНЦ ВАВРЕК

(1947 – 2003)

Александър Франц Ваврек е роден на 12 март 1947 г. в град Велико Търново. От 1965 г. учи физика във Физическия факултет на Софийския университет. През 1967 г. е изпратен в Московския държавен университет “М. В. Ломоносов”. Завършва с отличие Физическия му факултет в началото на 1971 г. и веднага (на 29 април 1971 г.) е назначен в Секцията за научна апаратура и специални въпроси на академик Георги Наджаков във Физическия институт при Българската Академия на Науките.

Александър Ваврек израства като учен в Института по физика на твърдото тяло при БАН, където е избран за научен сътрудник (1974 г.), кандидат на физическите науки (1986 г.) и старши научен сътрудник (1991 г.). Публикациите му (около 80) са в две направления: 1. Физика на твърдото тяло (поляризационни явления, електронна и фотоелектронна проводимост във високоомни полупроводници, високотемпературни свръхпроводящи купрати, вълни в кристали); 2. Социална история на физиката в България (история на средното и висше образование, научно-изследователската дейност и разпространението на физическите знания в България). Той ръководи Лаборатория електрон-фононни взаимодействия от 1989 г. и два изследователски проекта с Министерството на образованието и науката.

В Българската Академия на Науките от 1991 г. ст.н.с. д-р Александър Ваврек е научен секретар и член на общото събрание и на управителния съвет. Избран е в три научни съвета: на Института по физика на твърдото тяло (от 1991 г.), на Центъра по наукознание и история на науката (от 1995 г.) и на Международната лаборатория за силни магнитни полета и ниски температури във Вроцлав (от 1996 г.). Участва в редактирането на последните шест сборника на Международната школа по физика на кондензираната материя (ISCMP), на която е научен секретар от основаването ѝ през 1980 г. Той е инициатор и главен редактор на Информационния бюлетин на БАН от 1996 г. Участва също в редактирането на Списанието на БАН, на Физико-математическото списание и на Справочника на БАН.

Ст.н.с. д-р Александър Ваврек е награден с Грамота от Съюза на учените в България на 26 октомври 2001 г. и с Почетен знак от Института по физика на твърдото тяло през 2002 г. Александър Ваврек почина на 7 август 2003 г.

Поклон пред светлата му памет !

ДЕМОНЪТ В ЕТЕРА:

ЖИВОТЪТ НА ДЖЕЙМС КЛАРК МАКСУЕЛ

Мартин Голдман

ЧАСТ IV

Из Глава 13



James Clerk Maxwell

Максуел е едва на трето място сред поканените от Кеймбридж за длъжността Кавендишки професор по експериментална физика. Длъжността е предложена на Максуел едва след като Томсън в Глазгоу и Хелмхолц в Берлин са отказали да я заемат. Кеймбридж е имал повече късмет, отколкото е заслужавал - получава най-великия от тримата велики учени.

Към средата на 19 в. необходимостта от адекватно обучение по природните науки става все по-належаща. Отминало е времето на учените-любители, които са могли да правят големи открития с помощта на свещи и връвчици. Вече е нормално изискването за прецизна апаратура, която да осигурява екстремни условия на експериментиране: вакуумните помпи и големите електромагнити стават стандартно лабораторно оборудване. За използването на такива уреди е била необходима подготовка и вече е трябвало студентите да се обучават в лаборатории.

През 1868 г. Оксфорд решава да създаде подходящи лаборатории за своите физици, след което Кеймбридж бързо се ориентира в същата посока. Създадена е университетска комисия, която решава, че за създаването на лаборатории ще са необходими 6000 лири стерлинги - огромна за онова време сума. И ето че Президентът на университета, дукът на Девоншир, предлага да заплати сумата от собствения си джоб.

Уилям Кавендиш, дукът на Девоншир, е бил забележителен човек. Потомък на Хенри Кавендиш, големия физик от 18 век, той подобно на Максвел е бил втори Ренгълър и носител на първата награда Смит, но се впуска в политическа кариера (още едно доказателство за ползата от образователната система на Трайпъс) и едва по-късно става Президент на университета. През 1872 г. той е председател на Кралската комисия, чиято задача е да следи отношенията на държавата с науката. Комисията разкрива забележителни факти: в Оксфорд броят на научните длъжности за природни науки е бил 9 от общо 165, а в Кеймбридж - 3 от общо 105. Великобритания е произвеждала изследователски статии по химия близо шест пъти по-малко от Германия; правителството е давало повече средства за *колекциите* по естествена история, отколкото за всички клонове на науката, взети заедно. Комисията препоръчала увеличена поддръжка от страна на правителството, разширени университетски курсове без свръхспециализация и радикална реформа на училищното образование. Предложенията са почти изцяло пренебрегнати.

Дукът обаче решава да реформира своя университет със собствени средства. Започва изпълнението на плановете. Към края на 1870 г. е обявено, че към следващия февруари ще бъде открита нова катедра и за това е известен първо Томсън. Той отговаря, че климатът и атмосферата на живота в Кеймбридж много го привличат, но съпругата му току що е починала и той би желал през остатъка от живота си (който продължава още 37 години и включва втори брак и получаване на благородническа титла) единствено да се отдаде на спокойни научни занимания. Томсън отхвърля предложението.

Помолен да сондира Хелмхолц, Томсън научава, че последният току що е назначен за директор на новосъздадения Физически институт в Берлин и не би го заменил за нищо. Сега вече интересът се насочва към Максвел. Дж. У. Стрът (по-късно Лорд Рейли и приемник на Максвел в Кавендишката катедра) му пише:

Когато пристигнах тук, заварих всички да говорят за новата професура и че се надяват ти да я заемеш. Както разбирам, Томсън е отклонил предложението, а има опасност някой от местните хора да се кандидатира, а няма нито един подходящ за това.

Първият импулс на Максвел е да откаже. Но после той е уговорен да заеме длъжността временно и, ако иска, да я напусне в края на годината. Максвел е избран на 8 март (1871 г.).

Сега той е професор по експериментална физика без никаква лаборатория. Това обаче е предимство, защото му позволява да поръча на архитекта такива помещения, каквито смята, че са нужни за една лаборатория, след като е посетил редица лаборатории в страната. Получава се извънредно функционална сграда - удобна, без излишна показност и достатъчно перспективна, за да задоволява физиката на Кеймбридж през следващите стотина години.

Някои от особеностите на проекта заслужават особено внимание. Магнитните смущения, причинявани от параходите по Темза, не могат да са проблем за разположения в провинцията Кеймбридж университет, но тревога биха причинили вибрациите от земния транспорт. Построена е специална магнитна зала с дълбоко вкопани три монолитни колони, върху които е монтирана чувствителната апаратура. Също на приземния етаж е разположена работилницата за апаратура, както и стая с акумулатори за собствено хранене с ток. На върха на кулата на сградата, около 17 m над земята, е монтиран воден резервоар, създаващ достатъчно налягане, за да се задвижва голяма вакуумна помпа. Вакуумните линии са прокарани през повечето стаи на сградата, така че учените да могат, по изречение на наблюдател от *Nature*, буквално *да включат вакуума*. На всички южни и източни прозорци са разположени хелиостати - огледала, следящи и насочващи слънчевата светлина в лабораторията, тъй като Слънцето (когато го има) все още е единственият силен източник на постоянно осветление. Тези и други особености сочат много добро разбиране за спецификата на един архитектурен проект на лаборатория.

Макар че разходите надхвърлят с 30 % първоначалната оценка, дукът поема и тях, за да се снабди лабораторията с необходимата апаратура. От един момент нататък обаче Максвел започва да отделя свои средства за допълнителна апаратура. При все това техниката не е на високо ниво и такава я заварва Рейли. Понякога това звучи комично. За да се осъществи експеримент, нуждаещ се от суха атмосфера, в лабораторията е било окачвано сухо вълнено одеало; понякога за едно денонощие то увеличавало теглото си с 1 kg. Така, разбира се, не би могла да се развива фундаментална наука, но това е характерно за вече старомодния, любителски подход на Максвел към експеримента.

Същинският строеж на сградата започва през 1872 г. и завършва към края на 1874 г. Забавянето ядосва Максвел, който е трябвало да започне преподавателската си работа още през октомври 1872 г., а междувременно е принуден да използва ту едно, ту друго помещение.

Встъпителната лекция на Максвел изразява както състоянието на науката, така и намеренията му спрямо новата лаборатория. За щастие лекцията е отпечатана. Тя е забележителен документ. По отношение на експериментите Максвел не претендира всички те да са разтърсващо важни: той прави разлика между изследователски и илюстративни експерименти:

Целта на илюстративния експеримент е да хвърли светлина върху някоя научна идея, така че студентът да може да я разбере. Условието на експеримента са така

подбрани, че явлението, което желаем да наблюдаваме, излиза на преден план и не се смесва с и затъмнява от други явления, както става обикновено в природни условия. Важна част от нашите задължения е да развиваме илюстративните експерименти, да окуражаваме и други да ги правят, както и да култивираме по всякакъв начин идеите, които те изясняват.

Колкото по-прости са материалите на илюстративния експеримент и колкото по-познати са те на студента, толкова по-пълноценно ще усвои той идеята, която се илюстрира. Образователната ценност на такива експерименти често е обратнопропорционална на сложността на апаратурата. Студентът, който използва апаратура, направена с подръчни средства, която непрестанно се разваля, често пъти научава повече от онзи, който разполага с прецизни уреди, на които той е склонен да се опира и които не се осмелява да разглоби.

Особено необходимо е онези, които се опитват да научат от книги фактите на физическата наука, да бъдат подпомогнати с няколко илюстративни експеримента, за да могат да разпознаят тези факти, когато се натъкнат на тях сред природата.

От друга страна, не това е основната цел при изследователския експеримент. Вярно е, че един експеримент, в който основната цел е да се види какво става при определени условия, може да се разглежда като изследователски от онези, които още не познават резултата, но в експерименталните изследвания крайната цел е да се измери нещо, което вече сме наблюдавали - да се получи числена оценка за някаква величина.

Илюстративните експерименти са за студентите, изследването трябва да се остави на професора и неговите аспиранти.

Максуел добре знае, че изпитите Трайпъс включват голям обем от приложна математика, и затова е убеден, че е необходимо да се показва на учащите се за какво се прилага тази математика:

Може някои математици да се занимават с математика заради самата нея. Обаче повечето хора смятат, че основната роля на математиката е в тълкуването на природата. Защото човек, който изучава някакъв раздел от математиката с цел да разбере едно природно явление, което е наблюдавал, или за да изчисли най-добрата постановка на експеримента, който възнамерява да направи, вероятно ще изпита много по-малко умствено притеснение от онзи, чиято единствена цел е била да изостри ума си за успешното прилагане на правните закони или за постигане на висок резултат в математическия Трайпъс.

Познавам хора, които като ученици не виждаха нищо добро в математиката, но по-късно я откриха за себе си и това им помогна не само да станат изтъкнати природоизпитатели, но даже да напреднат в абстрактната математика. Ако нашият експериментален курс помогне на някои от вас да се убедят в ползата от математиката, това ще ни донесе значително удовлетворение, защото ще ви осигури успех във вашите бъдещи изследвания.

Максуел обръща също така внимание на хората от хуманитарните факултети, че науката променя живота по радикален начин и е твърде важна, за да бъде пренебрегвана. Нещо повече, тя е съществен елемент на културния живот:

... ежедневно получаваме нови доказателства, че популяризирането на науката създава толкова големи промени в духовното състояние на обществото, колкото материалните реализации на науката променят състоянието на бита. В действителност науката се ползва с толкова висок авторитет, че понякога и най-абсурдните твърдения могат да добият популярност, когато са изразени на език, който външно напомня езика на науката. Следователно, ако обществото е склонно да приема всички видове научни доктрини, наше задължение е не само да осигурим разпространението и култивирането на истинските научни принципи, но също така да насаждаме дух на здрав критицизъм, основаващ се върху анализ на свидетелствата, върху които са основани.

Не сме тук, за да защитаваме литературните и историческите изследвания. Приемаме, че истинското изучаване на човечеството минава през опознаването на човека. Но трябва ли изучаването на науката да се изтегли от изучаването на човека или да се откъсне от неговите благородни пориви, след като той съществува в интелектуалната среда на хора, които са се посветили на търсенето на истината и чиито открития са наложили своя отпечатък върху обичайната реч и начина на мислене на хора, които никога не са чували техните имена? Нима ученият, посветил се на изследването на историята и на човека, трябва да пропусне в тези изследвания историята на произхода и разпространението на онези идеи, които са създали такива забележителни различия между една или друга епоха на света?

Великите учени от онова време са били хора с широка култура, ценели са богатството на образованието, което са получили. Не е случаен фактът, че Максуел цял живот се е стремил да попълва знанията си по латински и гръцки език.

След кулминацията на встъпителната лекция Максуел и новата лаборатория се залавят за работа. Около Максуел се оформя изследователско ядро, в което част от хората са завършили Кеймбридж, а други, като Артур Шустер, са привлечени от перспективата да работят при великия учен. По-късно Хикс ще стане заместник-ректор на университета в Шефилд, Кристъл ще стане професор по математика в Единбург, Флеминг ще стане професор по електроинженерство в Кеймбридж (и ще изобрети триода), Шоу ще стане директор на Метеорологичната служба, Пойнтинг (откривателят на вектора, наречен на негово име) става професор по физика в Бирмингам...

Максуел не е бил познатият в днешната наука динамичен ръководител на изследователска група; той повече вижда себе си като отговорен за група от независими хора, работещи под общ покрив. Шустер го описва така:

Максуел би могъл без усилие да се заобиколи с ученици, които усърдно да разработват проблеми, възникващи от неговите теоретични изследвания. Това би бил познатият метод на учителя, желаещ да основе своя "школа", но това не беше методът на Максуел. Той смяташе, че е най-добре, както за развитието на науката, така и за подготовката на студентите, всеки да следва своя собствен път. Неговата доброжелателност към всички научни изследвания, независимо дали те засягаха фундаментално важни въпроси или дребни детайли, не познаваше граници. Той винаги

окуражаваше - даже когато смяташе, че насоката е погрешна. "Никога не се опитвам да разубедя човек за някакъв експеримент," - ми каза той веднъж - "защото ако не намери това, което търси, може да намери нещо друго."

Дж. Дж. Томсън, третият Кавендишки професор, пише, че и той винаги се е придържал към метода *laissez faire*. Това, разбира се, не означава, че Максвел изоставя студентите си – напротив, той им предлага интересни въпроси за проучване, проектира експерименталната постановка и винаги се интересува от текущите резултати. Най-често той възлага на студентите серии от много прецизни експерименти.

Най-ярък пример в това отношение е експерименталната проверка на това доколко линейна е връзката между тока и напрежението в закона на Ом $V = IR$. Проблемът е в това, че заедно с тока расте и нагряването, а съпротивлението със сигурност зависи от температурата, така че този ефект трябва да се елиминира. Използван е мост на Уитстън, чиито две рамена са съпротивления от един и същ материал, но с много различни напречни сечения. Токът в моста се променя от голяма до малка стойност и обратно толкова бързо, че температурата на моста остава практически постоянна. Отчитащият уред е занулен и посоката на слабия ток се обръща. Равновесието ще се запази само ако законът на Ом е точен (при елиминирани странични ефекти). Когато експериментите потвърждават закона на Ом, Максвел пише:

Едва ли някога е бил подлаган на толкова прецизно изследване един закон, който първоначално е установен експериментално и който все още трябва да се разглежда като емпиричен закон, тъй като той и досега не е изведен от фундаменталните принципи на динамиката.

В линейността на закона на Ом, така както и при вискозитета на газовете, Максвел вижда още едно доказателство, че светът е създаден от рационален Бог.

Все пак в крайна сметка Максвел си остава теоретик. Той има усета на теоретика за симетрия, пълнота и съгласуваност, но няма интуицията на експериментатора за порядъци на величини, числа, за големи и малки ефекти. Затова от научна гледна точка този период от неговия живот не е твърде продуктивен.

Лекционната дейност му отнема много време, тъй като подготовката за нея не намалява с броя на слушателите. Лекторският стил на Максвел не се е подобрил. Както отбелязва Нюол, по-късно професор в Кеймбридж по астрофизика:

Лекциите му бяха много атрактивни и все още живо си спомням колко бях поразен от контраста между прецизния подбор на думите при дефиницията на термините и почти промърморените обяснения за тяхната употреба. Говореше съвсем неформално, като че ли разговаряше с приятел, а понякога като че ли говореше на себе си. Много често подхвърляше хумористични реплики, които по-скоро смуцаваха малобройната му аудитория...

Все пак основното занимание на Максвел през този период е да подготвя за печат статиите на Кавендиш. Хенри Кавендиш е бил изключение от утвърденото английско правило: бил е английски благородник, който е бил изцяло погълнат от интереса си към науката. Живеел е като отшелник в своята лаборатория и даже храната му е била подавана през прозорче, за да не се смуцава работата му. Публикувал е само две статии

по електричество: едната относно изкуствената електрическа змиорка, която той конструира, за да докаже, че е възможно да се получи токов удар във вода; но при смъртта си той оставя 20 пакета с неподредени ръкописи на статии. Материалите преминават в наследство на дука на Девъншир, който изразява желанието трудовете на неговия прародител да бъдат подредени и публикувани.

Максуел би могъл лесно да избегне тази обременителна задача и по-късно мнозина са пожелавали той да не беше се залавял с това начинание, а да беше посветил времето си в Кеймбридж на своите изследвания. Но Максуел винаги е хранел силен интерес към историята на науката и нейните вътрешни механизми.

Вярно е, че историята на науката е твърде различна от науката история. Ние не изучаваме нито се опитваме да изучаваме механизмите на онези слепи сили, които действат върху хората, разтърсват княжества и власти и заставят разумни хора да подчиняват събитията на реда, установен от философите.

Хората, чиито имена срещаме в историята на науката, не са просто хипотетични съставки на една тълпа и за тях не може да се разсъждава в масов смисъл. Ние ги разпознаваме като подобни на нас, но техните действия и мисли са по-свободни от страсти, регистрирани са по-прилежно от тези на други хора и затова те са по-добър материал за изучаване на по-спокойните страни на човешката природа.

Но историята на науката не се ограничава с изброяването на успешни изследвания. Тя трябва да разказва за неуспешни търсения, да обяснява защо някои от най-способните хора не са могли да открият ключа на знанието и по какъв начин репутацията на други само е затвърдила грешките, в които те попадат.

Историята на развитието на идеите - било то нормално или аномално - е предмет, който повече от всички други интересува мислещите хора.

Любопитно е, че физиците на 19 в. са хранели силен интерес към историята на науката. Точно както Максуел “преоткрива” Кавендиш, така и Рейли преоткрива Уотърстоун, а Келвин - Сади Карно, френския инженер, който пръв формулира втория принцип на термодинамиката. Максуел също изкопава труда на Роджър Коутс по оптика и, докато е в Кавендишката лаборатория, възнамерява да напише история на динамиката. Една чернова съдържа списък на автори, които Максуел е познавал: Рен, Уолис, Хюйгенс, Хук, Нютон, Коутс, Смит, Атуд, Хюел, Дейвид Грегъри, Дж. Плейфеър, Айвъри, Лайбниц, Даламбер, Ойлер, Бернули, Лаплас, Лагранж... Интересно е, че в препоръката, която Уилям Томсън написва за Максуел по повод професурата му в Абърдийн, особено се подчертава като положително качество интересът на Максуел към историята на науката:

Той притежава едно важно и ценно качество за университетски лектор - широко и задълбочено познаване не само на съвременното състояние на научните изследвания, но и на историята на науката; а друго, даже още по-важно качество, което той притежава в значителна степен, макар че то рядко се среща, е способността му да оценява смисъла и значението на дадена физическа хипотеза.

Всъщност Максвел се е интересувал от Кавендиш още преди Кеймбридж. В кратка бележка до Томсън, от октомври 1864 г., той пише:

Смяташ ли да правиш експеримента на Кавендиш? От известно време обмислям план да го направя във вакуумна тръба, подобна на обърнато Т...

Трудно е да се разбере за кой експеримент на Кавендиш става дума.

След като веднъж се е заловил с материалите на Кавендиш, Максвел скоро се увлича в тях. Кавендиш без много шум е изпреварил редица важни научни открития на следващото столетие. Той е осъществил някои извънредно точни експерименти с невероятно примитивни средства: за да измери електрическия заряд, той използвал две окачени на конец бъзови топчета, които се отблъскват, а за да измерва електрическо съпротивление, той използвал собственото си тяло. Характерът на този човек също бил много интересен за Максвел. В своето предисловие към сборника *Електрическите изследвания на благородника Хенри Кавендиш* Максвел пише:

Кавендиш се е интересувал повече от самите изследвания, отколкото от публикуването. Той е бил способен да предприеме най-трудоемките изследвания само за да изясни трудност, която никой друг освен него не е разбирал или дори не е познавал, и можем да не се съмняваме, че резултатът от тези проучвания, когато е бил успешен, му е давал немалко удовлетворение. Но това ни най-малко не го е подтиквало към желание да сподели с други своето откритие...

Подреждането на записките на Кавендиш е било акт на посмъртно уважение към един велик учен. Дебелият том от събрани трудове на Кавендиш излиза от печат само няколко седмици преди смъртта на Максвел.

Когато се запознава с тези статии, Максвел се убеждава, че много от експериментите са толкова оригинални, че заслужават да бъдат повторени, проверени и усъвършенствани. Кавендиш намерил много остроумен начин да провери закона за обратните квадрати при електростатичното отблъскване: ако този закон е верен, то при допир на зареден проводник до вътрешната страна на проводяща сфера, той трябва да отдаде целия си заряд. Ако законът за обратните квадрати не е верен, известно количество заряд ще трябва да се запази. Кавендиш е проверил това със своите бъзови топчета и е показал, че ако електростатичният закон е от вида $F \sim r^{-(2+q)}$, то q не би могло да е по-голямо от 1/60. Максвел и МакАлистер повтарят експеримента с достъпната по онова време по-съвършена експериментална техника и получават, че q може да има максимална стойност 1/21 600.

Той също открива, че Кавендиш е осъществил някои забележителни измервания на електрически съпротивления и е установил, че дестилираната вода става по-добър проводник, след като е престояла една година, отколкото когато е прясна; измервал е изменението на проводимостта на морската вода с концентрацията на солите и т.н. Но най-удивен бил Максвел, когато разбрал, че Кавендиш е открил закона на Ом 50 години преди самия Ом.

Кавендиш е направил своите експерименти, като е включвал самия себе си в електричната верига и е отбелязвал силата на електричните удари при различни

обстоятелства. За да провери изводите си, той извиквал прислужника си Ричард да го замести и отбелязвал неговите реакции.

Максуел решава да повтори тези експерименти на Кавендиш, за да се увери доколко надеждни са те. “Всеки става галванометър на самия себе си” - казал той и вместо Ричард във веригата били включвани всички желаещи студенти и посетители на лабораторията.

Заедно с обработката на материалите на Кавендиш голяма част от времето на Максуел е заето с грижи за жена му, която постоянно боледувала. Неговият биограф Камбъл отбелязва, че веднъж се наложило Максуел да се грижи за болната си жена в продължение на три седмици, като през деня трябвало да ръководи работата на лабораторията и да изнася лекции, а през нощта да бди до леглото на жена си. Той успява да преработи всички записки на Кавендиш в четивен вид, като работел свършено сам, на свещ, през дългите нощи край леглото на жена си.

Много време е отивало също за редактиране и коригиране на подготвяните за печат книги, като Максуел неведнъж с раздражение се натъквал на скъперничеството на издателите.

През същия период в Кеймбридж Максуел публикувал 58 от всичко 101 свои статии, но от тях 12 са рецензии за книги, 6 са лекционни записки, 8 са негови статии за Британска енциклопедия, 9 са обзорни статии и 21 са къси (но често много важни) бележки. Едва през 1878 г. Максуел смогва да посвети изцяло вниманието си на своите изследвания и тогава излизат двете му големи последни статии по теория на газовете. А после започва фаталното му заболяване.

По време на тежкото си боледуване Максуел нито за миг не губи куража и чувството си за хумор. През 1875 г. Тейт заедно с друг колега Балфур Стюарт написват в Единбург книга, озаглавена *Невидимата вселена*. Това е любопитна смесица от научна популяризация, теология и чисто фантазиране. Книгата е насочена срещу механичната, предсказуема вселена на Нютон. Лаплас е заявил, че в съответствие с Нютоновата механика, ако знаем положенията и скоростите на всички частици в кой да е момент от времето, тогава бихме могли да предскажем цялата бъдеща история на вселената. В подобна вселена няма място за свободна воля, а по всяка вероятност и за Бог. Тейт и Стюарт имат предвид, разбира се, етера - този голям невидим елемент на света, в който мислите Господни могат да отекуват и кръжат и така да управляват нашия свят и в който, може би, нашите мисли се запазват и това ни дава етерен задгробен живот.

Публиката, разбира се, глътнала всичко това и книгата претърпява 7 издания, преди Тейт и Стюарт да успеят през 1878 г. да напишат продължението, наречено *Парадоксалната философия*. Максуел, разбира се, не желае да има нищо общо с това и посреща тези писания с каламбур на популярна за времето си естрадна песен:

Nature ни съобщава, че *H.V.* е прорасла в някаква по-висша форма. Ако възнамерявате да разширите колекцията от химни на първото издание, не забравяйте да включите и “Колко щастлив бих могъл да съм с Етера”.

В рецензията, която написва за *Nature*, след като книгата се е появила, Максвел реагира остро на опита да се докаже възможността за небесен задгробен живот с помощта на научна терминология*:

Никакви нови открития не могат да направят доводите срещу задгробния живот по-силни и никакъв език не може да изрази тези доводи по-категорично от думите в псалма [146:4]:

“Духът му излиза; той се връща в земята си:

В този ден погиват помишленията му”.

Тук Максвел напомня за своето схващане за душата като машинист; той, също като Тейт и Балфур, не харесва механистичната вселена, но не смята, че *Парадоксална философия* предлага някакъв отговор:

Често пъти за личността се говори като за друго название на съзнанието, както то се пресъздава в паметта. Но не е възможно да се отнасяме към личността като към нещо обективно, за което можем да разсъждаваме. Моето знание за това, че аз съм, е съвсем независимо от спомена ми за това, че аз съм бил, а също така от вярата ми, че за определен брой години аз никога не съм преставал да бъда. Но в момента, в който се гмурнем в бездънните дълбини на личността, ние отиваме извън границите на науката, защото цялата наука, а всъщност и всяка форма на човешката реч, се отнася до обекти, които са познаваеми за говорителя и слушателя. Когато говорим за Субекта, ние в действителност имаме работа с Обект под фалшиво име, защото първото твърдение относно Субекта, а именно “аз съм”, не може да се използва в един и същ смисъл от кои да са двама от нас, а следователно не може никога да стане част от науката.

Така че напредъкът на науката, доколкото сме били в състояние да го проследим, не е прибавил нищо съществено към онова, което винаги е било известно относно физическите последици от смъртта, но по-скоро е задълбочило различието между видимата част, която загива пред нашите очи, и онова, което ние самите представляваме. В крайна сметка личността - както по отношение на нейната природа, така и на нейното предназначение - се намира извън обсега на науката.

Отзивът бил приет с добри чувства и Максвел можал да продължи дискусията в частна кореспонденция.

Максвел умира на 5 ноември 1879 г. от рак на стомаха. Биографът Камбъл отбелязва, че от началото на годината бил забелязан известен “спад на познатата бликаща енергия”, през летния семестър Максвел можал единствено да прочете курс лекции. През лятото той се завръща в Гленлеър, първоначално състоянието му се подобрява, но скоро отново се влошава. Той е знаел, че вече е въпрос на месеци и със силни болки се завръща в Кеймбридж, за да бъде близо до лекаря, на когото имал пълно доверие, да бъде заедно с приятелите си и, както е казал на преп. Стърк, за да е по-лесно преместването на г-жа Максвел след това. Въпреки непрекъснатите болки остава ведър до последния си момент.

Неговият биограф Камбъл, който го е посетил в Гленлеър през лятото на 1879 г., завършва биографията му с думите на някои от хората, които добре са познавали Максвел. Професор Хорт:

Може би най-забележителната черта в характера на Максвел беше неговият независим ум - независимост, която нямаше нищо общо с високомерие или самонадеяност. Неговата простота и скромност го предпазваха от всякакво празнословие и показност. Той се стремеше винаги да види нещата със собствените си очи, без да проявява пристрастие към позициите на някоя от спорещите страни.

А ето и самият Камбъл:

Водецият тон в характера на Максвел е голямата му простота. Но, когато се опитаме да я анализираме, ние откриваме комплекс от качества, които у обикновените хора най-често съществуват поотделно. Необикновената мекота на характера е съчетана с остра проникателност, удивителната дееспособност - с не по-малко удивително спокойствие, личната скромност и въздържаност - с интелектуална безкомпромисност. Неговата дълбока сдържаност в ежедневните взаимоотношения беше съизмерима с безрезервната изява на чувства спрямо онези, които обичаше; неговият респект спрямо съществуващия порядък в света и спрямо мъдростта на миналото беше най-малкото толкова силен, колкото неговата вяра в прогреса. Дързък в теоретичните си конструкции, той беше силно консервативен в практичната си дейност.

Неговите интелектуални дарби представляваха баланс на сили, които често са в противоречие. Въображението му беше в най-висока степен конкретно, то вникваше в същинската действителност, а не само във взаимоотношенията на нещата. Никой не е бил колкото него непримирим към голите абстракции. И все пак малцина притежаваха неговата способност да прониква така дълбоко в същността на идеите. Наред с непрестанния му стремеж към по-голяма простота и определеност в основните физически закони, той сякаш пребиваваше в някакъв мистичен съюз с безкрайността.

Подбор и превод: **М. Бушев**

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

КРАЙ

* Познато, твърде познато! Псевдонауката и днес (21 в.) обича да се кичи в дрехите на науката. - *Бел.прев.*