

БОЗЕ-АЙНЩАЙНОВАТА КОНДЕНЗАЦИЯ: ПАРАДИГМА И РЕАЛНОСТ

Димо Ив. Узунов, ИФТТ – БАН

Настоящият текст е популярно изложение на доклад, представен на 28.11.2001 г. на семинара на Института по физика на твърдото тяло при БАН по повод Нобеловата награда по физика за 2001 г.



Сатиендра Нат Бозе

1. Началото

През 1924 г. индийският физик С. Н. Бозе (Satyendra Nath Bose) пратил една своя работа на Алберт Айнщайн, която се оказва знаменателна за развитието на квантовата физика. В този ръкопис Бозе извежда закона на Планк за радиацията на черното тяло, разглеждайки фотоните като газ от частици и удачно прилагайки към тази система условието за термодинамично равновесие; вж. *Приложението (Пр.)*, т. 1. Схващайки общността и полезността на новия подход, А. Айнщайн веднага урежда превода на статията на немски и публикуването ѝ в Германия [1], а скоро след това, прилага подхода на Бозе към макроскопски брой невзаимодействащи (свободни) частици с маса и показва, че при достатъчно ниски температури би следвало да се появява един непознат дотогава вид кондензация – *кондензация в основното квантово състояние, съответстващо на нулев импулс на частиците* (вж. [2,3]). Кондензираната фаза се характеризира с макроскопски брой (N_0) на частиците с нулев импулс, което означава *съизмеримост* на числото N_0 с общия брой N на частиците: $N_0 \sim N$.

Физическата причина за тази доста необичайна кондензация, а именно, кондензация по Бозе и Айнщайн или *Бозе-Айнщайнова кондензация* (БАК) в *импулсното пространство* на идеални макроскопски (термодинамични) системи без обичайните междучастичкови взаимодействия, са *квантовите корелации* между частиците, понякога наричани “квантови псевдовзаимодействия.” Тези квантови корелации са от така наречения Бозе тип и съответстват на **Бозе частици** или, накратко, “**бозони**”, притежаващи спин (собствен момент на количество на движение или, с други думи, собствен ъглов момент) $s = l \frac{\hbar}{2}$, където l е цяло неотрицателно число ($l = 0, 1, \dots$). В този случай квантовите (Бозе-) корелации, явяващи се в статистическото описание на бозонния газ, играят роля на ефективно привличане [4] между бозоните и това позволява появата на БАК.

Другите частици в природата – **Ферми частиците** или “**фермионите**”, имащи полуцел приведен (“безразмерен”) спин, $S = (s/\frac{\hbar}{2}) = (l + \frac{1}{2})$, формират идеален газ с квантови корелации от Ферми тип, които имат ефект на псевдовзаимодействия с отблъскване и водят до квантово израждане без кондензация в някое от разрешените

квантови състояния (вж. [4,5]). Следователно БАК е характерна за идеални газове от бозони.

С понижаване на температурата на идеалния Бозе газ (ИБГ), при запазване на плътността му постоянна, се стига до *критичната температура* на БАК, T_c , при която БАК всъщност започва чрез “кондензацията” на макроскопски брой частици $N_0 \sim N$. Докато при температура T под критичната T_c , $T < T_c$, кондензираната фракция N_0 е малка част от *целия* газ [$1 \ll N_0 \ll N$ и дори $N_0 < (10^{-2} - 10^{-3}).N$], то при $T \rightarrow 0$, $N_0 \rightarrow N$, което показва, че при температура равна на нула, целият газ попада в кондензираното състояние. Критичната температура T_c е начало и на квантовото израждане на газа, при което той значително се отличава по свойствата си от класическия (Болцманов) идеален газ. Следователно БАК настъпва веднага щом класическата (Болцманова) статистика стане невалидна и системата се превърне в квантова, т.е. поддаваща се на описание от Бозе статистиката.

Така появилото се теоретично предсказание за БАК и заложеният в нея квантов корелационен механизъм, се оказват в основата на обяснението на някои от най-забележителните явления, открити впоследствие в квантовата физика на реални многочастичкови системи със силни междучастичкови взаимодействия, например свръхфлуидността в хелия и свръхпроводимостта в метали и сплави. Това са родствени на БАК явления, сходни по някои общи черти на симетрия на съответните физически състояния, но по същество са с други физични свойства и определено не съответстват на термодинамичното състояние, получаващо се вследствие на БАК в ИБГ, т.е. на явлениято, предсказано от Бозе и Айнщайн.

Отбелязаните приноси [1, 2] на Бозе и Айнщайн са в основата на квантовата статистическа физика, описваща едни от най-забележителните физически явления. В оригинален, “чист” вид, БАК, като явление на преход от една обичайна термодинамична газова фаза в *Бозе- Айнщайнов кондензат* (за който термин ще ползваме отново съкращението БАК), се описва теоретически чрез точно решаемия модел на ИБГ. Свойствата на тази най-проста многочастичкова система са напълно известни.

В хода на годините до сега БАК се оказа най-ярък и подробно изучен пример на спонтанно нарушение на симетрията и поява на квантови фази, имащ неоченимо евристично приложение в най-важни области на теоретичната физика, започвайки от физиката на елементарните частици, минавайки през обилно наситената с примери на фази на спонтанно нарушена симетрия физика на кондензираното състояние и стигайки до някои аналогични явления в гигантските обекти на астрофизиката и космологията.

2. Нобеловата награда по физика за 2001 г.

Самият Бозе-Айнщайнов кондензат (БАК) в оригинално предсказания му вид, наричан напоследък *нето състояние на материята*, цели 70 години остана експериментално неоткрит, защото в природата не са установени идеални квантово-изродени газове, а изкуственото им формиране в лаборатория доскоро беше непосилно за физическия експеримент. Температурите на втечняване и дори на кристализация на всички познати газове са по-високи от тези на квантово израждане и следователно при понижаване на температурата, при обичайни плътности и налягания, газовете се втечняват далеч преди да са достигнали квантовото си израждане. Методични знания и умения за реализация на макроскопски идеален квантов газ от реални бозони и охлаждането му до температури, необходими за възникване на БАК, бяха създадени едва през последното десетилетие на отминалия наскоро 20-ти век.

През 1990 г. **Карл Уийман** (Carl Wieman) от Университета на Колорадо привлича **Ерик Корнел** (Eric Cornell) за изследвания по получаване на БАК в Обединения институт по лабораторна астрофизика (Joint Institute for Laboratory

Astrophysics, JILA) в Боулдър, Колорадо (Boulder, Colorado), който работи в тясна връзка със споменатия университет и с Националния институт по стандарти и технология на САЩ (NIST). На 05 юни 1995 г. Корнел, Уийман и сътрудници успяват да постигнат БАК в свръхохладен газ от рубидиеви атоми (^{87}Rb) [6a]. Техният първи кондензат съдържа $N_0 = 2000$ атома, охладени до 20 nK (“нано-Келвин”, т. е. 10^{-9} K) при параметри: критична температура $T_c = 100$ nK, критичен брой на атомите $N_c = 2 \cdot 10^4$, критична плътност $n_c = 22 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3}$, време на охлаждане 6 min, а броят на кондензираните атоми за една секунда е равен на 6. Това са параметрите на първия успешен експеримент по БАК.

Да отбележим, че N_c се “отличава” от пълния брой N на атоми в газа само по индекса “с”. Както ще видим при описанието на експеримента, с понижаване на температурата общият брой N на атомите в газа се изменя, но е фиксиран при всяка зададена в експеримента равновесна температура. Следователно ние трябва да предполагаме, че общият брой частици N не е постоянен в хода на експеримента, така че стойността N_c съответства на температура T_c . Да напомним още, че $n = (N/V)$, където V е обемът на газа, а в режима на кондензация под T_c обемът на газа при тези експерименти е бил $V \sim 5\text{-}10 \text{ mm}^3$. Експериментаторите успяват да задържат кондензата за време от 15 s, което “ време на живот” на кондензата се оказва достатъчно за убедителна диагностика (експеримент, доказващ, че в системата има макроскопско количество БАК), както и за получаване на други, най-основни резултати.

Това постижение веднага стана тема на водещите новини по света и навлезе в период на по-нататъшни интензивни изследвания.

През август 1995 г. друга изследователска група от САЩ (Randall Hulet’s group, Rice University, Texas) докладва [7] недостатъчно убедително резултати за БАК на литиеви атоми (^7Li), като същата група успява година по-късно да представи достатъчни доказателства за “ литиевата БАК” (вж. [7]).

През септември 1995 г. **Волфганг Кетерле** (Wolfgang Ketterle) и сътрудници от Масачузетския Технологичен Институт (MIT, Boston, Massachusetts) постигат убедително БАК от натриеви атоми [6b]. Групата, водена от В. Кетерле, достига кондензат от 500 000 натриеви атома. Други параметри на експеримента при тях са, както следва: $T_c = 2000$ nK, $N_c = 2 \cdot 10^6$, плътност на облака $n_c = 1,5 \cdot 10^{14}$, време на охлаждане 9 s, кондензирани атоми за една секунда – 60 000, сравнително малко време на живот на кондензата – 1 s (вероятно поради по-доброто постижение за T_c и N_c). През 1996 г. тази група значително подобрява резултатите си по стабилизацията, времето на живот (20 s) и броя на кондензираните атоми ($N_0 = 5 \cdot 10^6$) в натриевия кондензат.

През октомври 2001 г. Шведската академия на науките обяви, а на 10 декември 2001 г. присъди Нобеловата награда по физика на Ерик Корнел, Карл Уийман и Волфганг Кетерле: “... за осъществяване на БАК в разредени газове от алкални атоми и за начални фундаментални изследвания на свойствата на кондензатите.” Тази награда се равнява на 10 милиона шведски крони (около GBP 730 000).

Да отбележим някои важни обстоятелства, показващи значението на това постижение и справедливостта в присъждането на Нобеловата награда за 2001 г.

Седемдесет години след теоретичното предсказание на Бозе и Айнщайн, Нобеловите лауреати по физика за 2001 г. успяха да надхитрят трудно разгадаемата природа и да постигнат това необичайно пето състояние на материята. Корнел и Уийман създадоха чист кондензат от около 2000 рубидиеви атома при температура 20 nK, което означава 0,000 000 02 градуса над абсолютната нула.

Независимо от тях Кетерле извърши сходни експерименти с натриев газ. Произведеният от него кондензат съдържа повече атоми при по-голяма плътност и може по-успешно да се използва при изследване на свойствата на явлението БАК.

Използвайки два различни кондензата, получени едновременно в един експеримент, той успява да получи за пръв път (и то ярка и убедителна) интерференционна картина на квантови материални вълни – квантовите вълнови функции на получените от него кондензати. По този начин той представя допълнително убедително доказателство за кохерентностните свойства на БАК в съответствие с теоретичните предсказания.

Освен всичко това В. Кетерле създаде и поток на малки по размер ($< 1 \text{ nm}$) кондензатни капки, “капки от БАК”, падащи под действието на земното привличане. Това беше възприето като примитивен “лазерен лъч,” състоящ се от кохерентен материален поток, вместо познатото кохерентно светлинно лъчение. С други думи, обсъждаме устройството “*атомен лазер*,” който би трябвало да създава и насочва в определена посока лъч, “подобен на лазерния,” в който лъч обаче фотоните са “заместени” от атоми. С помощта на такъв апарат може да се изучават важни фундаментални явления от квантовата физика. Както казва В. Кетерле: “БАК сега се разклонява в две различни направления, включващи “атомна оптика” и многочастичкова физика, като тази на свръхфлуидността.”

От 1995 г. до сега над 30 изследователски групи по света също успяха да постигнат БАК, както и нови резултати по свойствата на кондензатите. Освен това беше установено и изследвано явлението в свръхохладени газове от други атоми (H , ^{85}Rb , ^4He , ^7Li , ^{41}K), като резултатите са много и твърде впечатляващи. През 1999 г. друга група от Боулдър, водена от Дебора Джин (Deborah Jin), успява да наблюдава “квантово израждане” на Ферми газ от атоми на калий (^{40}K).

По мнението на много експерти този път наградата е присъдена доста скоро след постижението. Едва ли човек може да се съмнява в така бързо постигнатата увереност, че полученото от авторите термодинамично състояние е именно оригинално предсказанието от Бозе и Айнщайн кондензат на идеалния Бозе газ.

3. Малко повече за БАК

Твърде интересна физика се появява дори в идеални газове, когато температурата е достатъчно ниска и термалната дължината на вълната на частиците $\lambda = (2\pi\hbar^2/mk_B T)^{1/\sigma}$ нарасне и стане съизмерима със средното муждучастичково разстояние $a = (V/N)^{1/D}$; $D \geq 0$ е размерността на пространството, а $\sigma > 0$ е параметър, описващ енергетичния спектър на бозоните: $\varepsilon(k) = (\hbar^2/2m)k^\sigma$, където $k = |\mathbf{k}|$ е големината на вълновия вектор $\mathbf{k}$ на бозоните (вж. също *Пр.*, т. 2). По-долу, освен ако не е специално споменато, ще разглеждаме най-обичайния случай на тримерна система ($D = 3$) и параметър $\sigma = 2$, който съответства на енергетичен спектър на реални, невзаимодействащи Бозе частици (атоми); вж. *Пр.*, т. 3. Когато $\lambda \sim a$, чрез горните определения на λ и a , лесно получаваме $T_d \sim (2\pi\hbar^2/mk_B)n^{2/3}$, което е температурата на квантово израждане на газа. Както ще видим по-долу, T_d съвпада с точност до числен коефициент близък до единица с критичната температура T_c на БАК при постоянна плътност на частиците $n = (N/V)$.

При температури $T < T_d$, Дьо Бройлевата термална дължина на вълната λ надвишава средното междуатомно разстояние a , което означава, че вълновите функции на атомите се припокриват и неразличимостта на атомите става важно за поведението на газа. Именно припокриването на вълновите функции на атомите е причина за квантовите корелации между свободните атоми. Същите квантови корелации водят до БАК, ако атомите са с цяло спиново число l и следователно се подчиняват на квантовата Бозе статистика. Според последната разпределението $n(k)$ на атомите по импулс $p = \hbar k$ или по енергии, $\varepsilon(p)$, се дава чрез известното Бозе разпределение (вж. например [4])

$$n(\varepsilon) = \frac{1}{e^{(\varepsilon - \mu)/k_B T} - 1}, \quad (1)$$

където $\mu \leq 0$ е химичният потенциал, а пълният брой частици се задава чрез сумата

$$N = \sum_{\varepsilon=0}^{\infty} n(\varepsilon) \quad (2)$$

(вж. Пр. т. 4). В класическата граница $|\mu| \gg k_B T$, квантово-статистическите корелации са несъществени и равенството (1) се свежда до Болцмановото разпределение: $n(k) \approx \exp\{[\mu - \varepsilon(k)]/k_B T\}$. За да се извърши пълен термодинамичен анализ, е необходимо да се използва и известният резултат [4, 5] за налягането на ИБГ:

$$P = -\frac{1}{V} \sum_{\varepsilon} \ln[1 - e^{(\mu - \varepsilon)/k_B T}] \quad (3)$$

Както се вижда от (1), при крайни температури $T > 0$, разпределението $n(k)$ е разходящо при $(\varepsilon + |\mu|) \rightarrow 0$, т. е. за $k = \mu = 0$. Това е първата индикация за възможно струпване на бозони в основното състояние ($\varepsilon = 0$, т.е., $k = 0$) при крайни температури, разбира се, ако по-детайлният анализ потвърди тази възможност. Последната се явява както в най-често представяният в университетските учебници случай на ИБГ при експерименталното **условие за постоянен брой N на атомите** [4, 5], така и в случая на **постоянно налягане**, обсъждан досега само в две работи [8, 9].

Да напомним, че при постоянно N сумата отлясно на равенството (2) следва да остава непроменена при понижаване на температурата, а това може да се осигури само ако едновременно с температурата химичният потенциал също намалява по абсолютна стойност по подходящ начин. Така, ако размерността на пространството е $D > 2$, анализът [4, 5, 9] на равенството (2) в термодинамична граница ($N \rightarrow \infty$, $V \rightarrow \infty$, $0 < n < \infty$) показва, че критичната температура е

$$T_c(n) = \frac{2\pi\hbar^2}{[g\zeta(D/2)]^{2/D} m k_B} n^{2/D}, \quad D > 2, \quad (4)$$

където $g = (2S + 1)$ е множителят на Ланде, а Римановата $\zeta(x)$ -функция има стойност $\zeta(2/3) = 2,612$ за обсъждания от нас случай на тримерен ИБГ ($D = 3$). При температури $T \leq T_c$ термодинамичният анализ [4, 5, 10] показва, че $\mu = 0$ и броят атоми N_0 с нулева енергия ($\varepsilon = 0$) зависи от температурата, като е съизмерим с пълния брой N , а това, по всички класически и настоящи представи, е БАК.

Да отбележим, че в термодинамична граница [4, 10] термодинамичните променливи N , N_0 и V по твърде естествен начин се заменят съответно с “числовите” плътности на частиците n , $n_0 = (N_0/V)$ и специфичния обем $v = (1/n)$. В термодинамичната граница вместо условието за постоянен брой частици се използва условие за **постоянна плътност** ($n = \text{const}$).

С помощта на (2) може да се определи функцията $\mu(T, n)$ и да се замести в (3), което ще даде уравнението на състоянието, както и ще позволи получаването на всички термодинамични свойства на ИБГ. За целия температурен интервал тази задача е добра за числен анализ, докато в близост до T_c тя е аналитично решавема и дава възможност да се определят свойствата на фазовия преход от нормална фаза в БАК.

Фазовият преход в БАК е особен и наподобява по свойствата си най-вече фазовия преход, описван от сферичния модел по Берлин и Кац (вж. напр. [9, 10]). При $T < T_c$ БАК е фазов преход от първи род, но с доста необичайни свойства за този клас фазови преходи. По свойствата си при $T > T_c$ фазовият преход попада в класа на фазовите преходи от втори род, но тук отново се налагат някои уговорки: докато

поведението на параметъра на подреждане (величина, пропорционална на $\sqrt{\rho_0}$) има поведение на стандартен фазов преход от втори род, то поведението на специфичната топлоемкост [4] не е типично за тези преходи. Причината за тези особености на фазовия преход в БАК е в термодинамичното условие за постоянна плътност [9, 10]. Заради свойствата при $T < T_c$, споменати по-горе, както и вследствие от изследването на уравнението на Клапейрон за ИБГ, някои автори разглеждат с основание БАК като фазов преход от първи род [5]. Този въпрос остава засега недокрай изучен.

По аналогичен начин може да се опише **БАК при постоянно налягане** ($P = \text{const.}$). В този случай химическият потенциал следва да се определи от равенството (3) като функция на T и P и резултатът да се замести в (2), за да се получи уравнението на състоянието. Тази БАК е възможна при $T > 0$ за всяка размерност на пространството ($D > 0$). Критичната точка се дава с израза [9]:

$$T_c(P) = \left[\frac{\lambda_0^D P}{c(D/2+1)k_B} \right]^{2/(D+2)}, \quad D > 0, \quad (5)$$

където $\lambda_0 = (2\pi\hbar^2/mk_B)^{1/2}$. БАК при постоянно налягане е с доста по-различни свойства от БАК при постоянна плътност и остава все още недостатъчно изучена, въпреки че именно тя може да се окаже пряко свързана с много от наскоро проведените експерименти. Отново термодинамичният анализ се прави в континуална граница, валидна за макроскопски газов облак (вж. [8, 9]).

Преходът към континуално описание. Нека отбележим, че споменатата термодинамична граница е приемом за провеждане на термодинамичното изследване на една макроскопска система с голям, но не непременно безкраен брой частици. Затова тя не следва да се разглежда в строго математичен смисъл, а като добре обосновано приближение, позволяващо замяната на сумите (2) и (3) с интеграли [4, 10], т. е. извършването на *континуален преход* [последният, а именно, преходът от дискретно към континуално описание е възможен при достатъчно голям брой частици (степени на свобода), така че грешката, въвеждана вследствие на този прием, да е пренебрежимо малка].

В теорията на обичайните в природата многочастичкови системи не големи размери на системата, а такива, надвишаващи само хиляди или дори стотици пъти средното междучастичково разстояние, са достатъчни, за да се използва континуалната граница като приемливо приближение. Когато системата стане още по-малка, така че континуалната граница се окаже причина за непренебрежими грешки от определена важност за експеримента, тогава казваме, че работим с *малки системи*. [Някои говорят за междинни или мезоскопски (mesoscopic) системи, без това понятие да се покрива с по-горе дефинираните “малки системи” или пък с модните напоследък *нано-системи*]. Както се вижда БАК е макроскопско явление и в това е неговата забележителност и огромно значение.

Да посочим някои характерни свойства на БАК. На интуитивно ниво това явление можем да си представяме, както вече споменахме, като дължащо се на припокриване на вълни на материята, а именно припокриване на вълновите функции на атомите, чиято протяжност се дава с термалната дължина $\lambda > a$. Тъй като има повече от един атом в обем λ^D и атомите се “припокриват” частично или почти напълно (при $T \ll T_c$), вълните на атомната материя започват да “вибрират” кохерентно – “да пеят в хор на един глас.”

Точният параметър на подреждане, описващ стационарна БАК, е вълновата функция $\psi(\mathbf{r})$ на макроскопския кондензат ($\mathbf{r}$ е пространствен вектор), често наричана “кондензатна вълнова функция.” Равновесният параметър на подреждане обаче е

статистическото средно $\phi(\mathbf{r}) = \langle \psi(\mathbf{r}) \rangle$. Тази комплексна функция може да се представи чрез модула си, пропорционален на $\sqrt{\rho_0}$ и фазата φ : $\phi \sim \sqrt{\rho_0} \exp(i\varphi)$. Основното състояние е изродено по отношение на фазата φ , т. е. ИБГ има една и съща енергия за всяка фаза $0 \leq \varphi < 2\pi$ и това е свързано с инвариантността на Хамилтониана на ИБГ [4, 5, 10] спрямо **глобални калибровъчни трансформации**, т. е., спрямо изменение на φ с константа, например $\varphi \rightarrow (\varphi + \vartheta)$, където ϑ не зависи от $\mathbf{r}$.

Инвариантността спрямо такива трансформации се нарича **глобална калибровъчна инвариантност** (global gauge invariance). Под “глобална” тук следва да се разбира инвариантност, отнасяща се до газа като цяло, а не за дадена точка ($\mathbf{r}$) в пространството [в последния случай се говори за *локална калибровъчна инвариантност* - инвариантност спрямо трансформации $\varphi \rightarrow (\varphi + \vartheta)$ чрез помощен параметър $\vartheta(\mathbf{r})$, непременно зависещ от $\mathbf{r}$].

Когато $T > T_c$, статистически усреднената кондензната вълнова функция $\phi(\mathbf{r})$ е равна на нула и симетрията на нормалното (не-кондензнато) състояние на газа съвпада със симетрията на Хамилтониана или, с други думи, това състояние също остава инвариантно по отношение на калибровъчни трансформации на фазите на индивидуалните вълнови функции на отделните атоми. Когато кондензатът се появи при $T > T_c$, той има определен фазов множител φ , който го характеризира като термодинамично състояние (термодинамична фаза).

Два кондензата с различни фази (φ_1 и φ_2) може да бъдат отличени един от друг при определени експерименти (вж. § 5) и това ги прави две различни термодинамични състояния с еднаква енергия. В такъв случай казваме, че БАК е явление, свързано с нарушение на симетрията на системата, като последната е преминала в състояние с по-ниска симетрия от тази на Хамилтониана. Наистина, докато Хамилтонианът и нормалната фаза са инвариантни спрямо описаните глобални калибровъчни преобразувания, то кондензатът променя фазата си с ϑ . Това понижава симетрията на системата като цяло. Тази симетрийна промяна, от по-висока към по-ниска симетрия, чрез изключване на едно свойство на инвариантност става *спонтанно* с появата на кондензата, което означава, че новото симетрийно свойство се явява с помощта на изменението на термодинамични параметри (например, като T), които по никакъв начин не са свързани със симетрийни промени в системата. Именно поради това такава симетрийна промяна се нарича *спонтанна* и това обстоятелство е причината за честото използване на термина **спонтанно нарушена симетрия**. БАК е едно ярко явление на спонтанно нарушение на симетрията (*spontaneous symmetry breaking*) - термин, въведен за първи път от Голдстоун [11]. Да напомним, че описваната симетрийна промяна става в пространството на параметъра на подреждане - статистически усреднената вълнова функция ϕ на кондензата, която, в хомогенен газ, следва да е пространствено независима.

Друго често срещано се понятие е **фазова кохерентност**, въведено от Ф. В. Андерсън [12]. То е предназначено да отбележи факта, че за да има ненулева, единна за целия кондензат (макроскопска) вълнова функция ϕ – (термодинамически равновесния) **параметър на подреждане**, фазата φ следва да не зависи от пространствената координата $\mathbf{r}$, т. е. да е една и съща за всички кондензнати атоми. Това вече беше отбелязано в предходния параграф, но нека си представим значението на постоянството на фазата. Ако имаме два кондензата, то всеки от тях ще се описва от своя, обща за кондензата вълнова функция с определен модул и фаза, независещи от $\mathbf{r}$. Тези две макроскопски вълни може да интерферират подобно на електроните от известния експеримент на Дейвисън и Джърмър. Тук обаче става въпрос за два огромни

(макроскопски) квантови обекта (“частици”). Наличието на свойството фазова кохерентност или, накратко, кохерентност на БАК се дължи на факта, че ние използваме статистическото средно $\phi = \langle \psi(\mathbf{r}) \rangle$ за описание на кондензата, който се предполага хомогенен и изотропен [ϕ не зависи от $\mathbf{r}$].

Както виждаме терминологичното различие не пречи да се види почти идентичния физичен смисъл, който е вложен в понятията *нарушена глобална калибровъчна инвариантност* и *фазова кохерентност*. Различните формулировки обаче са полезни в случая, защото наблягат на различни физични аспекти на явлениято. Трети термин, отразяващ същата категория физични явления, е въведено от Янг [13] **“недиагонално далечно подреждане”** [*“off-diagonal long-range order”* (ODLRO)]. Тук се набляга на обстоятелството, че в някои случаи на теоретични изследвания, компонентите на параметъра на подреждане (явяващ се вектор), се получават като недиагонални елементи на определен тензор от втори ранг.

Докато важността на свойството кохерентност на БАК ще се види при обсъждане на експеримента по интерференция на два кондензата (вж. § 5), то обсъждането на нарушената симетрия има голямо евристично значение и осъществява връзката със свойства на други значителни физични явления, например: свръхпроводимост в отсъствие на магнитно поле и свръхфлуидност в отсъствие на вихри (вж. *Пр.*, т. 5). Ако представим комплексното число $\phi = (\phi_1 + \phi_2)$ като двумерен реален вектор, (ϕ_1, ϕ_2) , то инвариантността на енергията на кондензата от фазата φ (вследствие, разбира се, от споменатата инвариантност на Хамилтониана), тривиално се формулира като инвариантност спрямо произволни въртения на двумерния вектор на параметъра на подреждане (основното състояние е изродено по отношение на трансформации на въртене в пространството на параметъра на подреждане, т. е. имаме симетрия спрямо определени въртения). Всичко това е възможно, защото в разглежданата система всички въртения на вектора (ϕ_1, ϕ_2) са разрешени, т. е. този вектор може да се върти от малки до големи ъгли на завъртане по “непрекъснат” начин. Затова се говори за *непрекъсната симетрия*. Сега можем да кажем, че за всеки даден кондензат, векторът (ϕ_1, ϕ_2) е зададен и по това този кондензат се различава от друг, описващ се с друг вектор на параметъра на подреждане. Появата на БАК е всъщност поява на ненулев вектор (ϕ_1, ϕ_2) , а това води до специална, отделена посока в двумерното пространство на параметъра на подреждане, съвпадаща с посоката на посочения вектор. Вече има два вида посоки в пространството на параметъра на подреждане с различни физични свойства: посоката, сочена от спонтанно възникналия равновесен параметър на подреждане (ϕ_1, ϕ_2) от една страна и всички останали посоки в това двумерно пространство от друга. Тази картина е възможна, защото при температури $T > T_c$, има непрекъснат (континуален) набор от разрешени еквивалентни посоки в пространството на параметъра на подреждане, но когато температурата се понижи до $T < T_c$ и се появи ненулевия вектор (ϕ_1, ϕ_2) , тази еквивалентност на посоките се нарушава и ставаме свидетели на явлениято спонтанно нарушение на **непрекъснатата** симетрия, което е причина и за появата на *Голдстоунови бозони* (вж. напр. [10, 11] или коя да е книга по теория на полето). Представата за непрекъснатата симетрия може да се въведе и директно от комплексното число ϕ , без последното да се представя като реален двумерен вектор, като се посочи, че фазата му φ може да се изменя *непрекъснато* в комплексната равнина.

Явлението спонтанно нарушение на непрекъснатата симетрия е много добре познато и се явява в голямо разнообразие, например в магнетизма и физиката на течните кристали, като видът на нарушената непрекъсната симетрия се определя от тензорната природа на параметъра на подреждане: $m (\geq 2)$ - компонентен вектор с

реални компоненти или тензор от втори ранг. При БАК ние сме свидетели на най-простия и фундаментален случай на спонтанно нарушение на непрекъснатата симетрия, когато последната се описва с комплексно число или, което е същото, с двумерен вектор с реални компоненти.

В рамките на по-общото описание чрез неравновесния параметър на подреждане – точната вълнова функция $\psi(\mathbf{r})$, понятията спонтанно нарушена симетрия и фазова кохерентност не може да се въведат като точни характеристики на кондензата. Те са точни свойства на системата в състояние на термодинамично равновесие, описвано от средностатистическата величина ϕ . Това означава, че флуктуациите на параметъра на подреждане $\delta\psi = [\psi(\mathbf{r}) - \phi]$ може да доведат при определени обстоятелства до частично или пълно нарушение на свойствата на симетрия, описвани по-горе (за флуктуационни ефекти, вж. напр. [4, 10]). Свойства на симетрия може да бъдат изведени като точни следствия на поведението на статистически усреднените физически величини, което е непротиворечиво свързано с представата за БАК като макроскопско (а не meso- или nano-) физично явление.

Други свойства на БАК ще станат ясни при описание на експериментите.

4. Предизвикателствата на природата и Нобеловият експеримент

От годините, от които се помнят ред поколения физици, включително тези, които сега са в най-активна възраст, БАК, без да е експериментално открита, се приемаше като нещо установено и съществуващо. Нещо повече, БАК се оказа парадигма с огромен евристичен принос в изучаването на крупни физически проблеми.

За да си обясним това, важно е да се отбележи, че още от предсказанието му през 1924-25 гг., това явление влезе в идеални и непротиворечиви логически връзки с останалите физически знания. Освен това съществуваша някои сходни, родствени черти в механизма и описанието на БАК от една страна и откритата [14] през 1937 г. свръхфлуидност на ^4He от друга, което лесно водеше до неточното внушение за еквивалентност на свръхфлуидност и БАК (поне в кратки и неточни учебни източници). Да, но експертите добре знаеха, че идеалният Бозе газ не може да стане свръхфлуиден, както и че присъщата му БАК, в оригиналния вид, предсказан от Бозе и Айнщайн, е състояние доста различно по физични свойства от един свръхфлуид. Дълги години на значителни успехи на нискотемпературната експериментална физика, за която са характерни тежкото апаратурно въоръжение, сложни методи и изискването за особено тънки експериментални умения, бяха открити невероятни тайни на природата като екзотичните свръхфлуидни и магнитни фази на ^3He при ултраниски температури, квантовият ефект по Хол (всички тези също Нобелово премирани своевременно), но едно доста по-елементарно явление като БАК, остана неоткрито чак до 1995 г., въпреки теоретичното му предсказание от велики учени 70 години преди това.

Проблемът. Вече беше споменато, че трудността за постигане на БАК е в липсата на идеален газ от реални бозони в естествено състояние. Всички природни газове, които са ни известни на Земята, включват доста силно междучастичково взаимодействие и при обичайни плътности се втечняват и дори кристализират далеч преди температурата да се е понижила дотолкова, че те да удовлетворят изискването за квантово израждане или, с други думи, температурата им на втечняване надвишава значително T_d и близката до нея T_c .

Голямото предизвикателство при получаването на БАК е в охлаждането на газ от бозони, така че средното разстояние a между атомите да стане достатъчно малко ($a < \lambda$), за да се осигури достатъчна за БАК плътност на газа, но в същото време, плътността не трябва да е толкова висока, че атомите да могат да рекомбинират (вж. Пр. т. 6) в молекули или даже да взаимодействат помежду си; последното би довело до нежелателната в случая, обичайна (Ван дер Ваалсова) кондензация в течност или пък

дори до преход в кристал, както става в природата с всички познати вещества при атмосферно или по-високо налягане при интересующите ни микро-Келвинови (μK) температури. Следователно следва да се реши в лабораторни условия сложната задача за получаване на оптимално разреден газ, който да може да бъде смятан за идеален, при това плътността му да е достатъчно голяма, че при ултраниски, но достижими за експеримента температури, да може да се достигне под критичната температура на БАК: $T_c \sim n^{2/3}$.

Експериментални методи. Групата от Боулдър (вж. гл. 2) постигна първоначалното охлаждане на газ от рубидиеви атоми (^{87}Rb) чрез *лазерно охлаждане* – ефект, премиран с Нобелова награда през 1997 г. Насочена срещу движещия се атом, дифузионната компонента на светлинното лъчение оказва “спирачен ефект.” С този нов метод успяват да охладят газа от 600 K (температура, отговаряща на средна скорост на атомите, приблизително равна на 800 m/s) до малко под 1 K (средна скорост 30 m/s). Тъй като методът е ефективен при много разреден газ, а при спиране на атомите от дифузионната компонента на лазерното лъчение, те се локализируют в определен обем с по-висока от началната плътност, то следва лазерното охлаждане да се замени при достигане на температура под 1 K с други охлаждащи методи, чрез които да се постигне заветната свръхниска температура. Последната, по теоретични пресмятания, съобразени с оптимални експериментални плътности на подходящо избраните газове от алкални атоми, е от порядък на μK .

След лазерното охлаждане Нобелово премираните групи от Боулдър и Масачузетс включват т.нар. *охлаждане чрез изпаряване* (evaporative cooling) на най-високоенергетичните атоми, за да се понижи средната скорост на атомите в газа, а оттам и температурата. Терминът “охлаждане чрез изпаряване”, взет направо от литературата на английски, в случая е малко неудачен, защото системата като цяло е некондензирана, така че най-високо енергетичните атоми, които при процес на изпаряване се наричат “пáри” са в същото агрегатно газово състояние, както по-ниско енергетичните атоми. Така, в нашия случай става въпрос за понижениe на температурата чрез *отстраняване* на най-енергетичните атоми. При това, ако не методът на постигането, то поне физическият механизъм на това охлаждане е същият, по който се охлажда отворен термос с чай. Последното става най-вече чрез естественото изпарение на парите на чая. Да напомним също, че в криогенната физика е известен *методът на охлаждане с изпомпване на парите на хелия*, т. е. охлаждане чрез стимулиране на изпарението. Докато за лазерното охлаждане е необходимо газът да е доста разреден, то при охлаждането чрез изпарение е нужна достатъчна плътност, за да може след всеки отделен акт на отстраняване на високоскоростните атоми чрез естествено осъществяващите се удари между останалите атоми да се постигне бързо термодинамично равновесие в остатъчния облак.

Температурата от 1 K, постигната при първоначално лазерно охлаждане и достигнатото при това свиване на газа, се оказват добра стартова “точка” за включване на други експериментални методи, включително механизма на “охлаждане чрез изпарение.” Едновременно с процеса на охлаждане атомите попадат в магнитна потенциална яма с подходяща форма (magnetic trap), където и става кондензацията на малка част от тях. Това се постига с подходящо нехомогенно магнитно поле на свръхпроводящи магнити, като се използва въздействието на магнитното поле върху атомния спин. Тъй като лазерните лъчи също са предназначени да локализируют газовия облак в пространството, в определена “яма”, говори се за **оптично-магнитни ями** (magneto-optical traps, “MOT”). Така са постигнати температури под 1 μK .

С това бяха изброени най-важните методи, използвани при тези (“нобелови”) експерименти [6a, 6b]: (1) лазерно охлаждане, (1) охлаждане “чрез изпаряване”, (3) магнито-оптично залавяне.

Сега да очертаем в общи линии как са проведени тези експерименти. Естествено, първостепенна задача е облакът от алкални атоми, който ще се подлага на кондензация, да се пази далеч от стените на съда, за да се избегне всякакъв топлообмен и абсорбция. Освен това, поради малките плътности на работното вещество (газа), както в началото, така и в края на експеримента, работното вещество следва да се намира в камера с ултрависок вакуум, който да осигурява незначителни примеси от други атоми. В противен случай остатъчни въздушни молекули биха играли ролята на “истински случайно разпределени примеси” (вж. например [10]), които имат деструктивен ефект върху почти всяка фаза със спонтанно нарушена симетрия, каквато е и БАК. Последното означава или недостижимост на БАК въобще в система със случайни примеси или постигането ѝ при значително по-ниска температура и модифицирани от примесите свойства, което е нежелателно, а и засега недостижимо при тези експерименти.

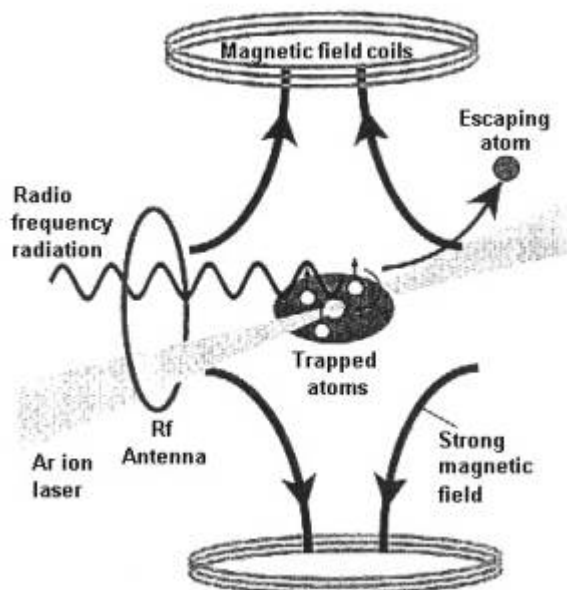
След първоначалното лазерно охлаждане до 30 m/s в ултра-вакуумната камера, атомите се залавят във вече споменатата магнито-оптична яма, осъществена от нехомогенното магнитно поле и от шест лазерни лъча, пресичащи се в центъра на “ямата.” Лазерните лъчи свиват облака от атоми до размери от порядъка на 1 - 3 mm. Светлинното налягане върху атомите и междуатомните удари, осигуряват охлаждане и релаксация до термодинамично равновесие при около 1 mK.

Обичайното лазерно охлаждане обаче има ограничения по температурата и плътността на охлаждания газ поради известни ефекти, като ефективно нагряване, дължащо се на спонтанната фотонна емисия и абсорбция на разсеяни фотони. За преодоляване на подобни трудности и достигане на желаните температури и плътност, в обсъжданите експерименти е използван т.н. “dark SPOT” (Dark Spontaneous-Force Optical Trap), т. е. яма на залавяне от по-особен тип, която дава възможност да се заловят около 10^{11} атома при плътност 10^{12} cm^{-3} . Тук ограниченията на стандартното лазерно охлаждане са преодоляни чрез лазерно напompване на захванатите атоми до хиперfino състояние, което не взаимодейства със залавящите лазерни лъчи, т.е. явява се “тъмно” състояние (dark state). Необходимото залавяне и охлаждане се осигуряват чрез периодично осигуряван преход на атомите от “тъмно” в “светло” (“bright”) състояние, като в последното те остават сравнително малко време. Оптимизирайки популацията на всяко от тези две състояния (“тъмно” и “светло”), се стига до повишаване на плътността с два порядъка. “Dark SPOT” методиката е била решаваща в експериментите, проведени в JILA и MIT.

По-нататък се прилага охлаждането чрез “изпаряване”. Практически това се осъществява чрез включване на подходящо радиочестотно (RF) поле. Това поле обръща спина на атомите. В резултат потенциалът на залавящата яма от привличащ се превръща в отблъскващ и изхвърля атома от ямата. Важното е, че тази схема е енергетически селективна, защото резонансната честота е пропорционална на магнитното поле и следователно на потенциалната енергия на атомите. Процесът може да се нагласи така, че от ямата да се изхвърлят само най-високо енергийните атоми.

Така описаните до сега магнито-оптични ями имат “отвор” в центъра, т. е. конфигурацията на магнитното поле е такава, че в центъра то е почти нула и оттам се губят част от атомите (в теорията това е известно като “пропадане по Майорана”, Majorana flop); вж. Фиг. 1. Когато облакът от атоми вече се е охладил много и се е свил до милиметрови размери, загубите на работно вещество през тази “магнитна дупка” стават съществени. За отстраняване на този недостатък, групата от JILA използвала

въртящо се магнитно поле, докато групата от MIT - допълнителен лазерен лъч (аргонов лазер, Фиг. 1.) за “запушване” на магнитния отвор. Схематично експериментът, проведен през 1995 г. от групата от MIT [6b], е показан на Фиг. 1.



Фиг. 1. Схема на експеримента в работата [6b]. Атомите се “гонят” далеч от центъра на ямата, показана като тъмен диск, с помощта на лъч от отделен (аргонов) лазер (3,5 W). Rf антената служи при охлаждането чрез “изпарение”.

От 1996 г. до сега експерименталните установки за БАК са подобрили чрез използване на по-подходящи конфигурации на магнитното поле (т. нар. Ioffe- Pritchard magnetic traps [16], по имената на двама от авторите).

Освен постигане на БАК, последната следва и да се регистрира, наблюдава, изследва. За наблюдаване поведението на газа е използван методът на **“абсорбционния образ”** (absorption imaging). Този метод отчита (“картографира”) пространственото разпределение на фотоните, абсорбирани от атомите на газа. От 1996 г. се използва също и методът на наблюдение на БАК чрез **дисперсионно светлинно разсейване**, който отчита еластично разсеяните фотони, като се екранира директно преминаващата (без разсейване) светлина.

5. Експериментални резултати

Някои данни за експериментите в Нобелово премираните статии [6a, b] са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Представените физични величини са дефинирани в гл. 2.

Статия и група	JILA, [6a]	MIT, [6b]
Атоми	^{87}Rb	Na
Първи кондензат	Юни 1995 г.	Септември 1995 г.
N_c	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^6$
T_c [μK]	0,1	2
n_c [cm ⁻³]	$2 \cdot 10^{12}$	$1,5 \cdot 10^{14}$
N_0	2000	$5 \cdot 10^5$
Време за охлаждане	6 min	9 s
Кондензирани атоми за 1 s	6	60 000
Време на живот	≈ 15 s	≈ 1 s

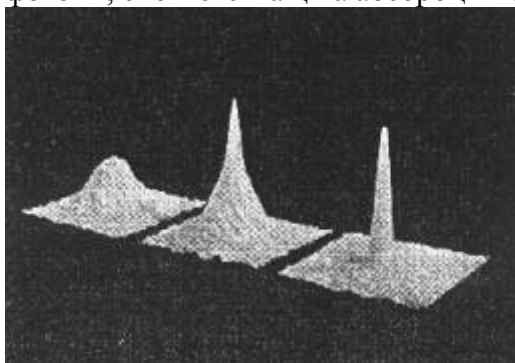
Ще следваме описанието на резултатите в работата [6b], които изглеждат впечатляващи. На Фиг. 2. е показана формата на атомния облак в магнито-оптичната яма при три различни температури, като за образа отляво температурата е най-висока и е над критичната, а при този отдясно тя е най-ниска и доста под критичната $T_c = 2 \mu\text{K}$. При експеримента в MIT се е получило така, че магнитната яма е била доста анизотропна и това е довело до разцепване на атомния облак на две части, разположени в два минимума на потенциалната яма, както се вижда на Фиг. 2. За наблюдаване поведението на газа и определяне на свойствата му, включително за получаване на картинките на Фиг. 2., е използван методът на “абсорбционния образ” (absorption imaging), споменат в края на гл. 4.



Фиг. 2. Атомен облак, разцепващ се на две части в анизотропна магнито-оптична яма [6b]. Картинките са получени по фотонно-абсорбционния метод.

При сравнително по-ниски температури, например около T_c , се достига до границата на оптичната разделителна способност за този експеримент, както се досещаме и от най-десния образ на Фиг. 2. Тази трудност била преодоляна по следния начин. Магнито-оптичният залавящ потенциал бил изключен и *разширяващият* се атомен облак бил наблюдаван отново по фотонно-абсорбционния му образ след едно забавяне от 6 ms (време на разлитане на атомите – 6 ms). Абсорбционните образи, показани на Фиг. 3., дават информация за разпределението по скорости на атомите в облака над и под T_c . Това е така, защото най-бързо се разлитат най-високоенергетичните атоми, а най-бавно тези, които са в кондензата (ако има такива, да напомним, че те трябва да са със скорост нула). Тогава пространственото разпределение на атомите ще се фиксира (“снима”) чрез регистрацията на пространственото разпределение на плътността на абсорбираните от атомите фотони.

Решаващото обстоятелство, посочило наличието на БАК при този експеримент на измерване на разпределението по скорости, са забелязаните на експеримента два типа разпределение по скорости за атомни облаци, охладени под T_c . Едното от тях е изотропно термално разпределение, а другото е елиптично ядро, съответстващо на свития кондензат. Това се вижда и от Фиг. 3. Плътното ядро на кондензата, съдържайки атоми със скорост равна на нула, не успява да се разшири дори при изчакване от 6 s. Затова се явява резкият пик в *пространственото разпределение* на абсорбираните фотони, съответстващ на абсорбцията от атомите в “ядрото” (кондензата).



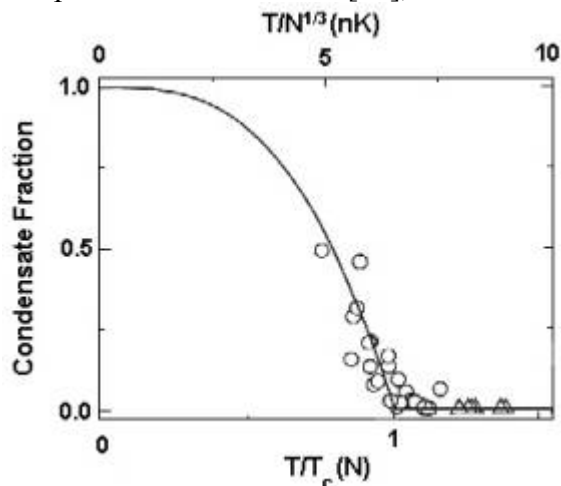
Фиг. 3. Двумерна картина на абсорбционни образи след време на разлитане на атомите (разширение на облака), равно на около 6 ms. Левият образ е от облак, отговарящ на температура малко над $T_c = 2 \mu\text{K}$, образът в центъра съответства на облак, охладен до

температура малко под T_c , а образът откъсно е получен от облак, в който допълнително охлаждане чрез “изпарение” е довело до почти чист кондензат (с много малко възбудени атоми) [6b].

Чрез изучаване на образите, получени по времето на разлитане на атомите, както е показано на Фиг. 3., е оценена експериментално кондензатната част (N_0/N) и нейната температурна зависимост под T_c :

$$(N_0/N) = 1 - (T/T_c)^3. \quad (6)$$

Този резултат е в съгласие с теоретичните предсказания за БАК в ями, описвани с хармоничен потенциал [17], както се вижда от Фиг. 4.



Фиг. 4. Кондензатна фракция (N_0/N) в зависимост от (T/T_c). Плътната линия е теоретична, а експерименталните резултати са от експериментите по “разлитане” на атомите (по [18a]).

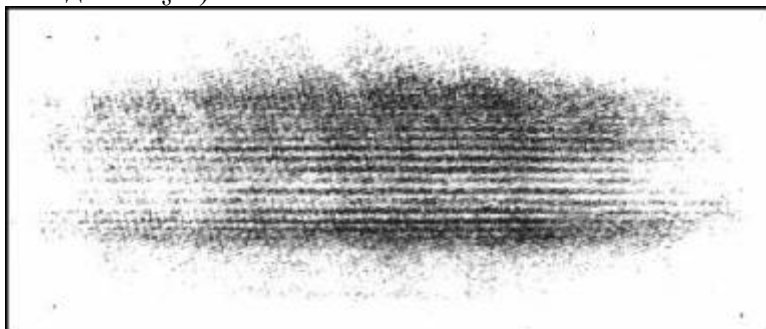
Докато понастоящем се смята, че температурната зависимост (6) не би трябвало да зависи от това дали Бозе газът е идеален или в него има наличие на междучастичково взаимодействие (т. е. неидеален, НБГ), то плътността и размерът на кондензата се очаква да зависят силно от взаимодействието. Без да изясняваме този въпрос подробно, ще отбележим важното обстоятелство, че авторите на експериментите са представили доказателства чрез сравнение на експериментални и теоретични резултати в потвърждение на несъществената роля на междучастичковото взаимодействие в техните експерименти. Това създава увереност, че те са работили с наистина достатъчно разреждени атомни облаци, в които междуатомните взаимодействия може да се пренебрегнат и по този начин най-вероятно са получили “в оригинал” изначално предсказаната от А. Айнщайн кондензация на ИБГ.

Досега обсъждахме експерименти, при които в даден момент ямата се “отваря” чрез изключване на магнитното и оптичното залавяне, като *разширяващият* се вследствие на това кондензат се изследва по описания начин чрез абсорбционния метод. Разширяването на газа е необходимо, за да се осигури работа в рамките на разделителната способност на метода и да се получи пространствено разпределение на атомите в облака, съответстващо на техните начални (преди разширението) скорости. Тази техника на работа води до фактическото разрушаване на кондензата с цел изследването му, което е явен недостатък. Освен това тя дава представа за разпределението по скорости, но не и за пространственото разпределение на атомите.

В нехомогенния магнитен потенциал на ямата, кондензатната и нормалната фракции на газа са пространствено разделени и е интересно да се изследва това разделяне. За тази и други цели за удобство при експериментите по БАК се използва наблюдение на атомния облак чрез метода на дисперсионно светлинно разсейване, споменат в края на § 4, при който не се налага изключване на залавящия потенциал и

разширяване на облака. Това е метод, който не разрушава кондензата и позволява провеждането на повече експерименти с един и същи кондензат. Поради факта, че за нашите цели беше важно да покажем най-вече експерименталните доказателства, че наистина е постигната БАК, а това направихме чрез разказване на експерименти, проведени по абсорбционния метод, тук няма да се спираме на аналогични заключения, направени чрез метода на дифузионно разсейване, който в последните години е много предпочитан.

Накрая ще отбележим наблюдаваната от групата от MIT интерференция (вж. Фиг. 5.) на два различни кондензата, като тези, показани в двойната магнито-оптична яма, спомената по-горе. Този интерференционен експеримент недвусмислено показва, че всеки даден кондензат има определена фаза на съответната му вълнова функция, т. е. представлява кохерентно състояние на многочастичкова система (характеристика, въведена в § 3).



Фиг. 5. Интерференционна картина на два кондензата [18a]. Образът е получен по абсорбционния метод. По-тъмните части отговарят на по-голяма степен на абсорбция на фотони.

6. Значение на откритието и възможни приложения

Както се вижда от изложението не ни остава друго, освен да се убедим, че БАК по оригиналното предсказание на А. Айнщайн е наистина постигната в експериментални условия чрез един забележителен експеримент. БАК открива пътя към лабораторното изследване на макроскопски квантови обекти (с размери засега от порядъка на 1 mm), което може да доведе до изясняване на основни въпроси на квантовата физика. Това постижение постави още през 1995 г. началото на нови и особено важни изследвания в атомната физика и във физиката на кондензираната материя.

По-нататъшните изследвания на БАК може да се окажат важни за проверка на валидността на фундаментални идеи и представи във физиката на многочастичковите системи, включително в термодинамиката на системите с ограничени размери (“малки” системи), за изясняване на микроскопичния произход на свръхфлуидността в многочастичкови бозонни системи с междучастичково взаимодействие, за тласък в изучаването на макроскопски квантови интерференционни явления, за повишаване на точността на експериментите по измерване на някои фундаментални константи, а също за евентуален успех по пътя на създаване на “атомен лазер” (за по-подробно обсъждане на последния, вж. например [19a, b]).

В теоретичен аспект особено перспективни са изследванията на влиянието на слабо междучастичково взаимодействие в свръхохладени разреждени квантови газове в условия близки до експерименталните. В частност такива изследвания, съчетани с експериментални, биха могли да доведат до обяснение на прехода от БАК в състояние на свръхфлуидност. Друг важен проблем е връзката между БАК и свръхпроводимостта, като за решаването му са необходими още изследвания, осветляващи БАК на бозони с електричен заряд, отново при отчитане на подходящи междучастичкови

взаимодействия. Вероятно ще се наложи теоретичните описания на експериментите, които засега се ограничават в рамките на подхода, основан на уравнението на Грос-Питаевски-Гинзбург [17], да се разширят чрез включване на флуктуационни ефекти, други варианти на описание на ефекта на магнитната яма, както и на задълбочена преценка на ефекта на реалните ограничителни условия (постоянни: плътност и/или налягане).

Да отбележим накратко някои възможни приложения на БАК, по които интензивно се правят изследвания: екситонната и биекситонната кондензация, биполяронната кондензация с оглед евентуални приложения в определени класове (базирани на екситонен, а не на фононен механизъм) високотемпературни свръхпроводници, БАК на позитроний и свръхфлуидност в ядрената материя.

Накрая да посочим някои литературни източници, като например [18], където проблеми на БАК се обсъждат по начин, който е достъпен за неспециалисти. Да споменем и сборника от статии [19], съдържащ ценна експертна информация за теоретичните и експериментални аспекти на изследванията по БАК до 1995 г.

Приложение: Пояснения и допълнения към основния текст

1. Термодинамично равновесие възниква в макроскопски системи, състоящи се от голям брой частици ($N \sim N_A \sim 10^{23}$). Броят частици N може и да е с порядъци по-малък от числото на Авогадро N_A , но във всички случаи той следва да е достатъчно голям, за да се използва термодинамичната граница (вж. също гл. 3, § “Преходът към континуално описание”).

2. λ е величина, аналогична на дължината на вълната, въведена от Дьо Бройл (de Broglie) и понякога я наричат “термална дължината на вълната по Дьо Бройл” или накратко “Дьо Бройлева термална дължина.” Следва да се има предвид, че λ е статистически средна величина, характеризираща квантовите корелации и различаваща се от оригинално въведената от Дьо Бройл дължина на вълната за една частица. Тя може да се използва за оценка на пространствения размер на вълновата функция на атомите в газа в зависимост от температурата. Да напомним също, че: $h = 2\pi\hbar$ е константата на Планк, $\mathbf{p} = \hbar\mathbf{k}$ е импулсът на атомите, а с m означаваме масата на атомите, която влиза в израза за λ . С k_B е означена константата на Болцман.

3. Някои ефективни (полеви) модели на многочастичковите системи с далекодействащ потенциал на междучастичковите взаимодействия, описват т.нар. композитни бозони (composite bosons) или *квазичастици*, които може да имат енергетичен спектър, описван с $0 < \sigma < 2$.

4. Величините плътност $n = (N/V)$ и разпределението по енергии $n(\varepsilon)$ са различни, като връзката помежду им се дава, като се разделят двете страни на равенството (2) с V .

5. При наличие на магнитно поле Хамилтонианът на свръхпроводника по Гинзбург и Ландау (вж. например [10]) е инвариантен по отношение на определени локални калибровъчни трансформации, но не и спрямо глобални трансформации от обсъждания тук вид.

6. Известно е, че отпреди 1980 г. чак до провеждането на описваните експерименти от 1995 г. водеща по осъществяване на БАК беше групата на Исак Силвера (Isaak F. Silvera) от Харвардския университет (вж. например [15]), която работеше с атомарен водород (H). Техните експерименти от посочения период имаха съществени трудности, една от които е високата степен на рекомбинация на атомите в молекули. При тези експерименти първоначално е използвано охлаждане с помощта на “охладител чрез разтваряне на ^3He в ^4He ”, след това залавяне в магнитно поле и по-нататък охлаждане чрез “изпаряване.” По общи оценки тази група беше твърде близо до осъществяване на БАК.

Литература

1. S. N. Bose, *Z. Phys.* **26** (1924) 178. (Тази статия на Бозе е препечатана в сб. трудове на А. Айнщайн, споменат в [3]).

2. A. Einstein, *Sitzber. Kgl. Preuss. Acad. Wiss., Phys.-math.* (1924), p. 261; *ibid*, (1925) p. 3. Историята на Бозе-Айнщайновата статистика се описва в книгата на A. Pais, *Subtle is the Lord, the Science and the Life of Albert Einstein* (Clarendon Press, Oxford, 1982), Ch. 23.

3. Статиите [2] на А. Айнщайн са препечатани в сб. трудове, вж. напр. *Собрание научных трудов в 4 томах*, под. ред. И. Е. Тамма, Я. А. Смородинского и Б. Г. Кузнецова, (Наука, Москва, 1966), т. III, стр. 481 и 489. Изводът на Бозе [1] е представен в съвременна форма в много книги, вж. напр.: R. P. Feynman, R. B. Leighton, and Matthew Sands, *The Feynman Lectures on Physics*, v. 3, *Quantum Mechanics* (Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1963), Ch. 2.5. [На руски: Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, *Фейнмановские лекции по физике*, тт. 8, 9, *Квантовая механика* (Мир, Москва, 1978), гл. 2, §5.]. Описанието на явлението БАК в идеални квантови (Бозе-) газове при постоянна плътност на частиците се дава в почти всеки университетски учебник по статистическа физика; вж., напр., [4, 5].
4. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Статистическая физика*, ч. 1, изд. 3-е, дополненное Е. М. Лифшицем и Л. П. Питаевским (Наука, Москва, 1976); English transl. L. D. Landau and E. M. Lifshitz, *Statistical Physics*, p. I; revised ed. by L. P. Pitaevskii (Pergamon Press, London, 1981).
5. K. Huang, *Statistical Mechanics* (Wiley, New York, 1987).
6. (a) M. N. Anderson, J. R. Enster, M. R. Matthews, C. E. Wieman, and E. A. Cornell, *Science* **269** (1995) 198, (b) K. B. Davis, M.-O. Mewes, M. R. Andrews, N. J. van Druten, D. S. Duffee, D. M. Kurn, and W. Ketterle, *Phys. Rev. Lett.* **75** (1995) 3969.
7. C. C. Bradley, C. A. Sackett, J. J. Tollet, and R. G. Hulet, *Phys. Rev. Lett.* **75** (1995) 1687. Нови резултати са докладвани от същата група на конференция през май 1996 г. [DAMOP Meeting, Ann Arbor, Michigan, May 1996].
8. P. Lacour-Gayet and G. Toulouse, *J. Physique* **35** (1974) 426.
9. L. De Cesare and D. I. Uzunov, in: *Correlations, Coherence, and Order*, ed. by D. V. Shopova and D. I. Uzunov (Kluwer Academic/Plenum Publ., New York – London, 1999), p.29-81.
10. D. I. Uzunov, *Theory of Critical Phenomena* (World Scientific, 1993).
11. J. Goldstone, *Nuovo Cimento* **19** (1961) 154.
12. P. W. Anderson, *Basic Notions of Condensed Matter Physics* (Benjamin – Cummings, Menlo Park, 1984).
13. C. N. Yang, *Rev. Mod. Phys.* **34** (1962) 4.
14. П. Л. Капица, *ДАН СССР* **18** (1938) 21; вж. също *Nature* **141** (1938) 74 (последната статия е получена за печат на 04.12.1937 г.).
15. I. F. Silvera, *J. Low Temp. Phys.* **89** (1992) 287; I. F. Silvera and M. Reynolds, *ibid.* **87** (1992) 343.
16. Y. V. Gott, M. S. Ioffe and V. G. Tel'kovskii, *Nucl. Fusion, Suppl.*, Part 3 (1962) 1045; *ibid.*, Pt. 3 (1962) 1284; D. E. Pritchard, *Phys. Rev. Lett.* **51** (1983) 1336.
17. За теорията вж. следните обзори и цит. в тях оригинални статии: Л. П. Питаевский, *УФН* **168** (1998) 641; F. Dalfovo, S. Giorgini, L. P. Pitaevskii, and S. Stringari, *Rev. Mod. Phys.* **71** (1999) 463.
18. (a) C. Townsend, W. Ketterle, S. Stringari, *Physics World*, March 1997, p. 29. (b) K. Helmerson and W. D. Phillips, “Atom Lasers”, *Physics World*, 27.11.2001; www.physicsweb.org/article/world/12/8/8. (c) P. B. Andersen and M. A. Kasevich, *Science* **282** (1998) 1686.
19. *Bose–Einstein Condensation*, ed. by A. Griffin, D. W. Snoke, and S. Stringari (Cambridge University Press, Cambridge, 1995; reprinted 1996).

50 ГОДИНИ ОТ ПЪРВОТО ИЗПИТАНИЕ НА ТЕРМОЯДРЕНА БОМБА

СКОРПИОНИТЕ В БУТИЛКАТА: ПАРАЛЕЛНА ИСТОРИЯ НА СЪЗДАВАНЕТО НА ВОДОРОДНИТЕ БОМБИ В САЩ И СССР

Н. Ахабабян

Може да предскажем ситуация, когато двете Велики Сили, всяка от които има възможност да унищожи цивилизацията и живота на другата, но рискувайки своите. Може да оприличим ситуацията с два скорпиона, затворени в бутилка, всеки от които може да ухапе смъртоносно другия, но само с риск за своя собствен живот.
Роберт Опенхаймер

През последните години редица събития и факти привлякоха вниманието на любознателната световна научна общност върху историята на създаването на двата вида ядрени бомби - атомната и термоядрената. И ако при атомната бомба решаваща роля изиграват получените от разузнаването сведения, то при създаването на водородната бомба на Съветския Съюз нещата са по-сложни и преплетени. Разбира се, тази история е естествено продължение на драматичната надпревара за създаването на самата атомна бомба и яко преплетена с цялата политическа и икономическа следвоенна обстановка по света в края на 40-те и първата половина на 50-те години. Настрани и в мъгла остава и продължилата битка на “тихия фронт” по време на “студената война”. Ние ще се опитаме да се ограничим по възможност в по-тесните “научни” сфери на разглеждания въпрос, без да мислим да пренебрегваме или омаловажаваме “другите компоненти” в нея. Защото, въпреки че разработването на водородната бомба в СССР започва четири години след като Труман вече е дал зелена улица на термоядрения проект на САЩ, към средата на 60-те години двете съпернически си сили се изравняват по постижения и в основни линии са решили поставените им научно-технически задачи [вж. Таблицата]. Генезисът и еволюцията на научните идеи, залегнали в основата на това постижение, променило коренно по същество и вид съвременното ни общество, представлява интерес, както от гледна точка на конкретните научни и технологични постижения, така и за историци и методолози на науката [1].

Таблица

	САЩ	СССР
Първо изпробване на атомна бомба	16.07.1945 г. (плутоний, 23 kg)	28.08.1949 г. (плутоний, 20 kg)
Първи взрив на атомен заряд с DT устройство	08.05.1952 г.	12.08.1953 г.
Първа многостепенна водородна бомба	31.10.1952 г. (10,4 Mt)	22.11.1955 г. (1,6 Mt)
Първо пускане на бомба от самолет	06.08.1945 г. (B-29)	06.11.1955 г. (Tu-4)
Най-мощен взрив в атмосферата	28.02.1954 г. (15 Mt)	30.10.1961 г. (58 Mt)
Първи подземен взрив	26.08.1957 г.	02.02.1962 г.
Най-мощен подземен взрив	06.11.1971 г. (5 Mt)	27.10.1973 г. (4 Mt)

1. Предистория на научните идеи, залежали в основата на водородната бомба. Термоядрена реакция може да се осъществи, когато кинетичната енергия (топлината) на частиците превъзхожда електростатичните сили на отблъскване между тях. Всъщност първата експериментална ядрена реакция на синтез е осъществена през 1934 г. от Ръдърфорд, Олифант и Хартек при бомбардирането на деутерий с деутерий, в резултат на което се получава хелиево ядро. През 1938 г. Ханс Бете разглежда термоядрените реакции на синтез между леки елементи на Слънцето и звездите като източник на тяхната енергия на излъчване. През май 1941 г. в лекция в университета в Киото японският физик Токугаро Хагивара изказва предположение за възможността за осъществяване на термоядрена реакция между водородни ядра с помощта на взривна верижна реакция от деления на ядрото на уран-235. През септември с.г. в Колумбийския университет аналогична идея - инициране чрез атомен взрив на термоядрена реакция в среда на деутерий - изказва Енрико Ферми пред Едуард Телер. На срещата присъстват и Р. Опенхаймер, Х. Бете, Р. Сербер и Е. Конопински. Това обсъждане слага началото на неудържимата месианска активност на Телер за създаването на термоядрена бомба. И още през лятото на 1942 г., когато в Бъркли се обсъждат плановете за изграждането на Лос-Аламоската лаборатория и създаването на атомната бомба, Телер излага и основните съображения за възможността за създаване и на термоядрена супербомба. Тази концепция, получила названието "класически супер", се основава на представата за възможността потокът неутрони, излъчени от първичната уранова бомба, взривена по метода на "насрещен топовен изстрел", да предизвика ядрена детонация в цилиндър, пълен с течен деутерий. Емил Конопински предлага добавянето на тритий в сместа, което би довело до намаляване на температурата на запалване. Той се обосновава с известните му, но непубликувани, данни за сечението на DT реакции, според които скоростта на тази реакция е 100 пъти по-голяма от скоростта на DD реакцията. Пак по това време Телер предлага в активно делящия се материал на бомбата да се постави известно количество Br-10, който, поглъщайки неутрони и създавайки по такъв начин разлика в налягането на йонизираното вещество с различно количество електрони, ще доведе до по-голяма плътност на взривното вещество. Резултатът трябва да бъде увеличаване на критичната маса и енергоотделянето на бомбата. Всъщност това е първоначалният вариант на принципа на йонизационната имплозия, която ще залегне в основата на всички по-нататъшни реализации на ядрените бомби - както на делене, така и на термоядрен синтез.

Въпреки че основните усилия на американските учени са хвърлени към построяването на атомната бомба, отделни ентузиастични продължават да мислят и развиват идеите за реализиране на термоядрена бомба. През пролетта на 1946 г. Клаус Фукс и Джон фон Нойман усъвършенстват системата за инициране на термоядрения синтез, като вместо Br-10 предлагат да се използва вторичен възел от течна TD-смес, който, нагрявайки се, би се "запалил" по-лесно от излъчването на първичната бомба. Скоро тази идея се комбинира с метода на йонизационната имплозия на Телер с използването на непрозрачен за излъчването кожух, покрит с берилиев окис като отражател на неутроните - това е т.нар. "суперкласическа с усиливане" схема. Размишленията за реализацията на такава конфигурация води до откриване на принципа на радиационна имплозия. Обаче тази плодотворна идея, която по-късно ще послужи като прототип на конфигурацията на Телер-Улам, поради липсата на електронноизчислителни машини и невъзможност за моделиране на сложните физически процеси, протичащи при тези реакции, остават без по-нататъшно развитие и реализация.



Емил Конопински пръв през 1942 г. изказва предположението, че началната температура на смес от деутерий и тритий би била по-ниска от тази на чистия деутерий.

На 15 юни 1946 г. Клаус Фукс - основният източник на шпионската информация за руските разузнавателни служби! - напуска Лос-Аламос и заминава за Англия, където продължава работата си за английските военни ядрени разработки. Два месеца по-късно - края на август същата година - Телер предлага нова схема за термоядрен взрив - алтернативна на "класическия супер", който той нарича "будилник". Новата конструкция се състои от подредени сферични слоеве от делящи се материали и термоядрено гориво (деутерий, тритий и/или техни химически съединения), при която след инициране на взрива родените при термоядрените процеси бързи неутрони трябва да доведат до забележимо увеличаване на енергоотделянето в съседните делящи се материали. От своя страна, в резултат на йонизационно свиване на термоядреното гориво, трябва да се увеличи силно неговата плътност и рязко да се увеличи скоростта на термоядрените реакции. Мултиплицирайки процеса, от слой на слой, такава конструкция позволява достигането на мегатонни взривни мощности. Едновременно с новата конструкция Телер предлага използването и на ново термоядрено гориво - деутерид на литий-6 (D⁶Li), който би увеличил силно добива на тритий и по този начин осезателно би увеличил ефективността на термоядреното гориво. Въпреки големите потенциални перспективи на "будилника", поради проблеми с иницирането на първичното запалване, изискващо голяма мощност, и този проект остава като теоретична възможност без съществен напредък.

2. Реализация на водородната бомба в САЩ – 1950 - 1955 гг. На 31 януари 1950 г. президентът на САЩ Хари Труман излиза с официално заявление, в което съобщава, че е дал указание Комисията по атомна енергия "... да продължи работата по всички видове ядрени оръжия, включително и по т.нар. водородна или супербомба". Това заявление на Труман дава не само нов импулс за изготвяне на водородната бомба в САЩ, но както ще видим, и отваря пътя на СССР официално да се качи на тепиха в надпревара за нейното създаване. Американските учени са напреднали достатъчно по пътя за нейната реализация, така че да могат да заплануват за 1951 г. провеждането на взривни полигонни експерименти. Единият от тях, под названието "Пункт", представлява изпробването на т.нар. "усилена атомна бомба", а другият - под

названието "Джордж" - е изпитание на модел на "класическия супер" с бинарно индукционно запалване, работещ на принципа на радиационната имплозия. Самото устройство, наричано "Цилиндър" е построено на основата на патента, получен през 1946 г. от Клаус Фукс и Джон фон Нойман. Обаче, въпреки че в хода на работите по конкретната реализация на това устройство (още към края на 1950 г.) теоретичните пресмятания, извършени от Станислав Улам, Корнелиус Еверт и Енрико Ферми, както и моделирането на процесите на новопостроената ЕИМ "ЕНИАК" на Дж. фон Нойман сочат неработоспособността на "класическия супер", усилията за нейната реализация не спират.



Станислав Улам през 1951 г., когато предлага двустепенна термоядрена бомба с използване на неутрони за предизвикване на имплозия във втората.

Но в хода на тези изследвания още в началото на януари 1951 г. Станислав Улам достига до принципно нов подход за реализиране на имплозията: използване на мощния неутронен поток от първичния атомен взрив за силно свиване на вторичната част на термоядреното гориво. В тази конструкция за пръв път се появява идеята за използване на специални хидродинамични лежи за имплозивно фокусиране на потока неутрони. Телер предлага редица съществени моменти и усъвършенствания, най-важната от които - използването на ударната вълна на радиационното излъчване ("радиационна имплозия"), и през март с.г. заедно с Улам патентова идеята като *"Отчет LAMS-1225. За хетерокаталитичната детонация: хидродинамични лежи и радиационни огледала"*. Тази схема, получила названието "конфигурация на Телер-Улам", заляга като основна във всички по-нататъшни конструкции на термоядрени оръжия.

Събитията се развиват с "термоядрена" скорост. Месец по-късно - април - Фредерик де Хофман предлага усъвършенствания вариант: инициатор от активно делящ се материал, поместен във вторичния възел от термоядрено гориво. А на 9 май 1951 г. вече е проведено първото изпитание на "Джордж"! "Най-големият от проведените дотогава ядрени взривове, обезпечен от запалването на малък термоядрен пламък - първият избухнал на Земята", както ще го характеризира по-късно един от участниците в изпробването.

В началото на юни Телер и Улам достигат до идеята за повишаване на ефективността на термоядрения взрив чрез използване на деутерида на литий-6, а в средата на месеца на конференцията в Принстън по проблеми на свръхбомбата идеята е одобрена и се взема решение за необходимостта на производството на това вещество. Но тъй като по това време в САЩ неговото мащабно производство не е организирано, взема се решение изготвянето на първата водородна бомба да се основава на усъвършенстваната техника на химическа имплозия на атомната уранова бомба (проекта "будилник"), чиято разработка не е спряла от началото на 1950 г. И действително, първата водородна бомба с мощност няколко kt тротилов еквивалент, е изпробвана на 16 ноември 1952 г. Но тъй като тази схема не позволява увеличаването на мощността ѝ над 1 Mt, в Лос-Аламос се връщат към идеята за използване на Li-6 и в Ок-Ридж започва строителството на завод за тази цел, който е пуснат в експлоатация в средата на 1953 г., а необходимото количество термоядрено гориво той ще осигури едва през есента на 1954 г.

3. Началото на съветския термоядрен проект. На 22 септември 1945 г. - т.е. около месец след атомните бомбардировки на Хирошима и Нагазаки, известният съветски теоретик Яков Френкел изпраща на Игор Курчатов - по това време вече утвърден ръководител на съветския атомен проект - докладна записка, в която му обръща внимание, че "представлява интерес да се използват високите – милиарди градуси – температури, развиващи се при взрива на атомната бомба, за предизвикване на реакции на синтез (например хелий от водород), които са източник на енергията на звездите и които биха могли да повишат още повече енергията, освобождавана при взрива на основното вещество (уран, бисмут, олово)". Изказвайки тези съображения, независимо от не съвсем точните получавани температури и използвани вещества, Френкел не знае, че Курчатов вече е в курса на провежданите в САЩ изследвания по термоядрения синтез за създаване на супербомба. Още през лятото на 1943 г. в НКВД е създаден отдел "С" за организиране и координиране на атомния шпионаж под ръководството на генерал Павел Судоплатов (дотогава началник на диверсионната служба, участвал в ликвидирането на Лев Троцки). Той запознава висшите руски ръководители на проекта - основно Курчатов, Харитон и Кикоин, с доставените от запад материали, разбира се, без да посочва източниците.

До 1945 г. разузнавателната информация, получавана по различните канали, има основно информативен характер, но през октомври с.г. Клаус Фукс предава първите конкретни сведения за подхода и възможните физически схеми за създаване на "класическия супер" - както вече посочихме - комбинация на атомна бомба, изготвена от уран-235 с отражател от берилиев окис, насочващ потоците неутрони върху промеждутъчна камера от DT и цилиндър с течен деутерий. Дадени са и сеченията за реакцията $D + T$, както и степента на намаляване на температурата на запалване от добавянето на тритий към деутерия. По същото време в ръцете на съветското разузнаване са и сведенията за другото намерение на американските учени за създаване на атомна свръхбомба с увеличена мощ: атомен взрив, насочен имплозивно за взривяването на второ плутониево кълбо. Всъщност съобщение за такава възможност се появява на 19 октомври 1945 г. във вестник "Таймс", в което се предават думите на проф. Олифант, казани в Бирмингамския университет, че американските учени вече могат да построят ядрена бомба, която да надвишава по мощност хвърлените над Япония от 100 до 10 000 пъти.

Тези сведения, попаднали в ръцете на висшето съветско ръководство и няколкото доверени учени, запознати с тях, не може да не ги развълнува. Възниква идеята да пратят при Нилс Бор, завърнал се вече от САЩ в Копенхаген, проявен пацифист и привърженик на идеята за премахване на секретността и международен

контрол, от когото да изкопчат интересуващите ги сведения. На съвещание при Берия Харитон предлага Зелдович за пратеник, но Лаврентий Павлович му няма доверие и за Дания заминава кандидатът на физическите науки Яков Петрович Терлецки - заместник "по научната част" на Судоплатов (още от самото създаване на отдел "С"), придружен от полковник Василевски (като бодигард), и личния преводач на Микоян инж. Арютюнян. С 22 въпроса, подготвени от Курчатов, Харитон, Кикоин и Арцимович, те имат две срещи с Бор (на 14 и 16 ноември), но от неговите откровени отговори не могат да извлекат никаква полезна информация, защото големият теоретик на квантовата физика не е запознат нито с детайлите на конструкторско-инженерните разработки, нито с конкретните числени данни ... А на въпроса за "свръхбомбата" Бор отговаря: "Какво значи свръхбомба? Това е или бомба с тегло много по-голямо от вече създадената, или бомба изготвена от някакво ново вещество. Първото е възможно, но безсмислено, тъй като и без това изготвената бомба има огромна разрушителна сила, а второто, аз мисля, че е нереално" [2].

Този отговор на Бор едва ли успокоява съветските ръководители, защото по това време основните усилия - материални и интелектуални на Съветския Съюз в това направление са насочени към изготвяне на атомната бомба. Но въпреки това Курчатов се обръща към Харитон да разгледат, заедно с Исая Гуревич, Яков Зелдович и Игор Померанчук възможността за освобождаване на енергията на леките елементи и представят съображенията си пред Техническият Съвет на Специалния Комитет. На 17 декември 1945 г., след доклада на Зелдович по този въпрос, Комисията взема решение, което препоръчва да се измерят сеченията на реакции при леките ядра, без да препоръчва каквито и да са теоретични изследвания или организационни работи по създаване на свръхбомбата. Все пак, половин година по-късно - през юни 1946 г., група теоретици от Института по химическа физика на АН на СССР - А. С. Компанеев и С. П. Дяков под ръководството на Я. Б. Зелдович - в рамките на програмата за изследване на процесите на горене и взрив започват теоретични разглеждания на възможностите за освобождаване на ядрената енергия при реакции на синтез между леки ядра. Техният отчет от септември 1946 г. е озаглавен "Използване на енергията на леките ядра".

През целия този период от различни източници продължават да пристигат разузнавателни сведения за разгръщащите се термоядрени изследвания в САЩ. На 28 септември 1947 г. в Лондон се състои първата среща на Фукс, след завръщането му в Англия, със съветския разузнавач А. С. Феклистов, на която Фукс отговаря на 10 въпроса, поставени от руския офицер. Фукс описва устно някои конструктивни особености на изготвяната в САЩ свръхбомба, принципите на нейното действие, използването на тритий като прибавка в деутерия. След месец, през октомври, постъпват сведения за използването на литий в някаква нова конструкция на Телер - явно става дума за "будилника". В доклада си от 31.12 1946 г. Курчатов говори за "американските усилия за конструиране на супербомба".

В началото на ноември 1947 г. на заседание на Научно-техническия съвет на Първо главно управление е изслушан доклада на групата теоретици от ИХФ (Зелдович, Компанеев, Дяков) *"Към въпроса за използване на вътрешноатомната енергия на леките елементи"*. Изследвани са възможностите за ударна детонация в безкрайна среда от деутерий и деутерид на литий-7. Задачата е решена без отчитане на дифузията на неутроните и излъчването, а неизвестното сечение на процеса $D + T$ се варира в определени предполагаеми граници. Достига се до извода, че детонацията е възможна, ако сечението за вторичните реакции е достатъчно високо. Решението на Комисията е ... командироване на Я. Б. Зелдович на работа в КБ-11, (Конструкторско Бюро N 11), т.е. в строго секретния център за военни ядрени изследвания Арзамас-16, откъдето той да координира работата на групата, оставаща в ИХФ.

На 13 март 1948 г., пак в Лондон, се провежда втората "решителна за целия по-нататъшен ход на военните термоядрени изследвания в СССР" среща на К. Фукс с полковник Феклисов. На нея той предава предварително подготвените подробни описания на "класическия супер" с новата система за инициране на взрива - принципа на радиационната имплозия. Документите са детайлно подкрепени с експериментални резултати (за сеченията на процесите на $D + T$ и $He + D$ – реакции), теоретични пресмятания, графики и схеми. Казано най-общо - пълно и детайлно описание на патента на Фукс – фон Нойман от 1946 г.

На 20 април ръководството на разузнавателните органи изпращат получения материал, преведен на руски език, на адреса на Сталин, Молотов и Берия. След това Берия предава материала на Б. Л. Ванников, Курчатов и Харитон за анализ и предложение за организационни мероприятия. Отговорът на научното ръководство на съветския ядрен проект е предаден на 5 май 1948 г., а на 10 юни излиза Постановлението на МС на СССР (N 1989-773) "За допълнение на плана на КБ-11", което ги задължава да проведат теоретични и експериментални проверки на данните за възможности за осъществяване на някои типове атомни бомби с усъвършенствана конструкция и водородна бомба". На водородната бомба е дадено названието "изделието РДС-6" ("Ракетный Двигатель Сталина"), срокът за изпълнение е една година - до 1 юли 1949 г. За реализиране на изследванията се препоръчва към теоретичния отдел на Московския Физически институт (на С. И. Вавилов) да се образува група под ръководството на член-кор. И. Е. Там, която "да се занимава с проверка и уточняване на пресмятанията по теорията на горене на деутерия" [3]. След изброяване на мерките за сигурност и безопасност, при която достъп до новопостъпващите разузнавателни материали се дават на Зелдович и Франк-Каменицки, се споменава, че за подобряване на битовите условия на младия сътрудник А. Д. Сахаров да му се отпусне "жилищна площ". Към групата на Там, освен Сахаров, са привлечени С. И. Беленкий, В. Л. Гинзбург и Ю. А. Романов. Още през ранната есен на същата година Сахаров се насочва към алтернативно решение на проблема и разглежда възможността за "комбинирана" бомба, в която деутерият се смесва с уран-238 - аналогична на "будилника" на Телер. Сахаров нарича своята схема "баница" ("слойка"), а принципа на йонизационно свиване, необходим за взрива, колегите му наричат "сахаризация" [4]. На 16 ноември Там писмено докладва на директора на Института Вавилов за тази нова принципна възможност.

Възелът е развързан и идеите се раждат спонтанно. На 2 декември 1948 г. Гинзбург докладва втория си отчет "*По въпроса за детонацията на деутерий*", в който се обсъжда ефективността на конструкция на атомна бомба, обкръжена от слой деутерий. В този отчет той разглежда "горенето" на смес, съдържащ Li-6 (реакцията $n + Li = T + 4,8 \text{ MeV}$) с оглед на въздействието на отделяните неутрони, тритий и топлинна енергия върху наличния уран-238 или плутоний. На 20 януари 1949 г. Сахаров докладва първия си отчет "*Стационарна детонационна вълна в хетерогенна смес на уран + тежка вода*", в която е изложена последователно и изчерпателно идеята за "слойката" (основно на реакцията на сливане на $D + D$). Проблемът за иницирането на взривна е решен с поместването на атомна бомба в центъра на сферата от слоевете деутерий, практически с неограничени размери. Предлага се използването на допълнително количество плутоний за предварително свиване на "слойката" – всъщност това е идеята за комбинираната термоядрена бомба, към която Сахаров ще се върне през 1954 г. Месец след този доклад Гинзбург конкретизира първоначалната си идея и предлага използването на LiD – литиев деутерид, при която отчитането на образуването на тритий от захващането на неутрони от лития и ефекта на деление на уран – 238 от неутрони с енергия 14 MeV води до съществено увеличаване на мощта на

термоядрения процес. Тази схема на реализация на термоядрената бомба е наречена от ФИАН-овци с нежното име “лидочка”.

През април 1949 г. Харитон, запознат с предложенията на групата на Там, предлага на Берия, Компанеец и Там да бъдат допуснати до секретните разузнавателни данни. (При пресмятанията си Гинзбург не разполага с данни за сеченията на процеса на $D + D$ сливане). Берия обаче разрешава само да им бъдат предоставени данните, без да се посочва източника. (Тук трябва да отбележим, че още през есента на 1947 г. Генералния Консултативен Комитет на САЩ, ръководен от Р. Опенхаймер е препоръчал разсекретяването на данните по ядрените свойства на трития, а в броя от 19 април 1949 г. на “Physical Review” се появяват такива данни.) Запознат с тях – на предоставените му от Берия данни, Гинзбург ревизира пресмятанията по схемата на “слойката” с примес на литиев деутерид – отчета *“Детонационна вълна в системата LiD”* от 23 август 1949 г. И тъй като новите данни за $D + T$ процесите са няколко пъти по-големи от използваните преди това, всъщност единствената ефективна схема за по-нататъшна практическа реализация на термоядрената бомба се оказва “лидочка”-та.

На състоялото се в началото на юли съвещание на Специалния Комитет се взема решение за “по-нататъшна разработка на сферичната система, запалвана от химическо вещество”, без Комитетът да се ангажира с никакви специални организационни мерки. Предполагат се изследвания както по схемата на “слойката”, така и по “тръбата” – аналог на американския “класически супер”. За целта в КБ-11 на Арзамас-16 в г. Саров, се командирова А. Сахаров. Запознаването му с подготовката на предстоящия пръв атомен взрив на СССР и съответните налични шпионски материали са достатъчни, за да разбере системата за инициране на термоядрения взрив в “тръбата”. Обаче, научните му интереси са изцяло ангажирани с реализацията на схемата на “слойката”.

Гонгът за ядрената надпревара удря президента Труман на 31 януари 1950 г. – няколко дена след признанието на Фукс за предаването от него на руското разузнаване сведения, с официалното заявление за дадените от него директиви за изготвяне на водородната бомба на САЩ. Четири дни след това е свикан Специалния Комитет под председателството на Берия, който разглежда въпроса “За мероприятията по обезпечаване на разработката на РДС-6”. В съответствие с препоръките на това съвещание, на 26 февруари 1950 г., е подписано Постановление на Министерския Съвет на СССР № 827-303 “За работите по създаване на РДС-6”. Предвижда се изготвянето на двете конструкции – РДС-6с (“слойка”) и РДС-6т (“тръба”). Проектната мощност на РДС-6с е 1Mt тротилов еквивалент, тегло 5 t и срок за изготвяне на прототипа (с малък тротилов еквивалент) и изпробването му – 1 май 1952 г., а първия “работещ” екземпляр – 1954 г. В същия ден е изготвено и министерско постановление *“За организацията на производство на тритий”*, предвиждащ строителството на специализиран реактор за натрупване на тритий. А в края на март с.г. Берия разрешава достъпа до разузнавателните материали на Там и Компанеец.

През декември 1950 г. Харитон изготвя *“Кратък отчет за състоянието по разработката на изделията от типа РДС-6”*. След като отбелязва удовлетворителния ход на работите по схемата на “слойката”, той анализира състоянието на проекта “тръба”. Отбелязва, че положително е решен въпросът за възпламеняване на високопроцентна смес на тритий и деутерий, затворен в тежка обвивка от активен материал на атомна бомба, иницирана по метода на топовния изстрел. Сместа бързо изгаря и дава мощен поток неутрони, който трябва да послужи за предизвикване на реакция на термоядрен синтез. Това е пълно повторение на придобитата от Клаус Фукс информация за проектните изследвания за създаване на водородна бомба през първоначалния етап на разработките в САЩ. Обаче към края на май следващата година става ясно, че независимо от успешния ход на работите, провеждането на полеви опити

с модели на “изделията”, запланувани за средата на 1952 г., са нереални, и с постановление на МС тази дата е пренесена за март 1953 г.

4. След първия термоядрен взрив. Американските учени още от есента на 1949 г. са се ориентирали към по-перспективната схема на усилената с DT-смес атомна бомба – конструкцията “цилиндър”, и на 8 май 1951 г. провеждат първото полигонно изпробване на тази бомба. А когато след година, на 31 октомври 1952 г. те провеждат второто изпитание “Майк”, основаващо се на схемата на Улам-Телер с радиационно имплозия – действителен термоядрен взрив с мощност 10,4 Mt, съветското ръководство е сериозно обезпокоено. На 2 декември Берия пише бележка до ръководителите на съветските военно-ядрени разработки: “Решаването на задачата за създаването на РДС-бс има първостепенно значение. Съдейки по някои достигнали до нас сведения, в САЩ се провеждат вече първите опити, свързани с изготвянето на такъв тип изделие. Предайте на Харитон, Щелкин, Духов, Там, Сахаров, Зелдович, Забабахин, и Боголюбов, че трябва да се приложат всички усилия, за да бъде обезпечено успешното завършване в срок на научно-изследователските и опитно-конструкторските разработки, свързани с РСД-6с. Предайте това и на Ландау и Тихонов”.



Първата страница от доклад на Зелдович и Сахаров до Харитон от януари 1954 г. “Строго секретно. Относно използването на изделие за обгаряне на свръхизделието РДС 6С. Докладът съдържа предварителната схема на устройството за обгаряне (“об”) на свръхизделието и оценъчни пресмятания за действието му. Предложението за “об” е на В. А. Давиденко”.

На 15 юни 1953 г. Там, Сахаров и Зелдович подписват заключителния отчет по разработването на РСД-6с. А на 12 август с.г. е проведено първото изпитание на конструкцията с мощност 400 kt. Въпреки че “изделието” е изготвено във вид на преносима авиационна бомба, възпламеняването ѝ е извършено върху земната повърхност на ядрения полигон в Семипалатинск [5]. Успехът на експеримента дава зелена улица за всички по-нататъшни разработки – както като увереност на учените, така и като безрезервна подкрепа на правителството. Харитон, Там, Зелдович, Сахаров и др. са удостоени със званието “Герой на Социалистическия Труд” и провъзгласени за лауреати на Сталинската награда. Сахаров е избран за “академик” на АН на СССР; по

това време той е на 32 години. На 20 ноември Министерският Съвет приема постановление № 2835-1198 *“За разработването на нов тип мощна водородна бомба”*.

Окуражен от първия успех на “слойката”, Сахаров се увлича в усъвършенстването на този вариант на едностепенна бомба с голяма мощност. За реализацията на това изделие, анонсирано от Сахаров като “екзотично” и кодирано като РДС-6сД, се работи до средата на 1955 г. (и отнема много сили), въпреки че скоро се очертава като неперспективно, и вече се знае за успеха на американския проект по схемата на Улам-Телер. Окончателното спиране на работите по този проект става след теоретичните пресмятания на групите на Зелдович и Померанчук.

Оригинална схема за двустепенна водородна бомба анонсират Завенягин и Франк-Каменицки още през есента на 1953 г. Но едва след необикновения взрив на водородната бомба, пусната от самолет на 28 февруари 1954 г. – с мощност 15 Mt (всъщност най-големия ядрен взрив в атмосферата на американците), която демонстрира реалната възможност на свръхбомбата, Зелдович и Сахаров се обръщат към схемата на двустепенната конструкция. В доклада до Харитон *“За използване на изделие за обгаряне на свръхизделието РДС-6с”*, те излагат принципната схема и оценка за работата на двустепенната термоядрена бомба: първична атомна бомба и вторичен ядрен възел, затворен в масивна обвивка. В проекта не се говори за възможността за използване на излъчването от първичната атомна бомба за съгъстяване на термоядреното гориво. За пръв път в тази записка се споменава името на В. А. Давиденко, който още от 1952 г. поддържа тази идея за двустепенна конструкция.

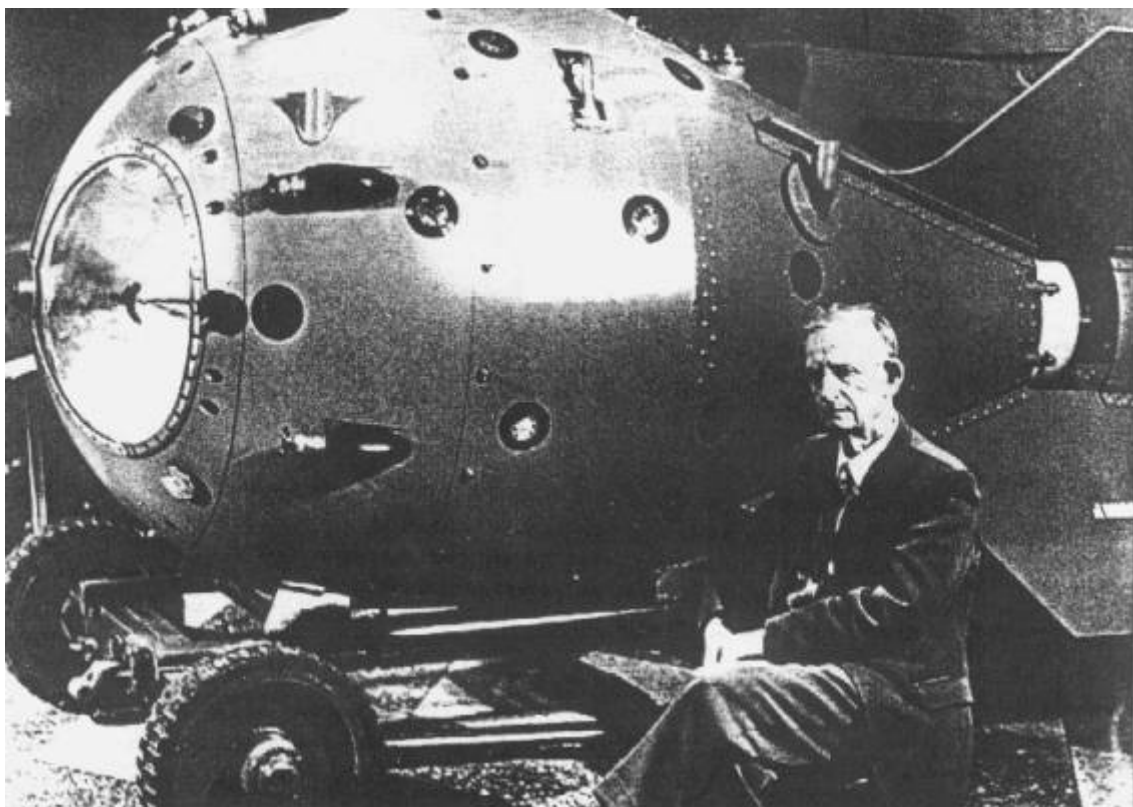


Виктор Александрович Давиденко предлага използването на атомна имплозия и подтиква теоретичите да разгледат възможността за двустепенна конфигурация.

Разкриването на новия механизъм за възпламеняване на термоядрения възел – под въздействието на енергията на радиационното излъчване на първичния атомен взрив, представлява сензация за учените от КБ-11. Този механизъм, конкретизиран и реализиран като радиационна имплозия лежи в основата на цялата серия от термоядрени бомби с все по-увеличаваща се мощ. Голям принос за нейното реализиране дава Сахаров с намирането на автомоделните решения на диференциалните уравнения с частни производни, описващи процеса, което му позволява да направи правдоподобни оценки за възможната работоспособност на конструкцията. В разработката на “изделието” активно се включват и дават съществени приноси, освен стоящия наред с Сахаров – Зелдович, младите Ю. А. Романов, Ю. А. Трутнев, В. А. Давиденко, Е. М. Рабинович и др. В отчета по изпълнение на теоретичните пресмятания и конструктивни разработки от 23 юни 1955 г., написан от Сахаров и Зелдович, се подчертава, че “разработката на новия принцип, заложен в

основата на конструкцията на РДС-37, представлява един от ярките примери на колективно творчество” и са изброени имената на 31 човека [6]. Към края на юли с.г. комисия под председателството на И. Е. Там приема отчета, а на 6 ноември се провежда първото изпитание на едностепенния термоядрен заряд РДС-27 (отличаващ се от окончателния вариант с отсъствието на тритий). На 22 ноември 1955 г., с успешното изпробване на “изделието РДС-37” (със смес от литиев деутерид като термоядрено гориво), изпълнено като авиационна бомба с мегатонна мощност и пуснато от самолет над Нова земя в далечния Сибир, се увенчават с успех неколкогодишните усилия на съветските учени и конструктори. На ревера на Курчатов, Харитон, Сахаров и Зелдович са окачени втори Златни Звезди на Герои на Социалистическия Труд. Не са подминати и другите, взели активно участие и допринесли за успеха. Постигната е политическата и стратегическа цел на съветското правителство: достигане на американската ядрена мощ. Предстои изтощителното многогодишно военно-ядрено надпреварване ... наложило споразуменията за преустановяване на този процес и по-късно – договорите за съкращаване на натрупването на ядрено въоръжение.

5. “Бащите” – Едуард Телер и Юлий Харитон. Разбира се, “бащинството” е условно – всеки, който е запознат с “раждането” на тези изчадия, няма да го оспори. Най-малко нарочените родители имат такива претенции. И все пак, имената на Опенхаймер и Курчатов – за атомната бомба, както и на Телер и Харитон като ръководители на термоядрените изследвания стават синоними на “изделията” на успешно реализираните проекти. Въпреки че приносите на Ферми или Там, на Бете или Зелдович, на Улам или Сахаров, и на много други – без да можем да ги изброим всички, е незаменим и не по-маловажен от заслугите на “бащите”. За случая със съветската водородна бомба името на Харитон е било винаги в сянка, споменавало се е шепнешком, докато Сахаров прогърмя и шумя в продължение на две десетилетия. И макар че причините за това бяха други, ореолът му на създател на съветската водородна бомба е напълно справедлив. Но тъй като неговото дело е вече добре известно [6], сега ще разкажем за Ю. Б. Харитон – ръководител на съветските военни ядрени разработки неизменно от 1946 г. до 1992 г., както и за “колега”-та му Едуард Телер. Тук трябва да отбележим, че докато при американските военни ядрени разработки преходът от атомна към термоядрена бомба минава през сериозни дискусии и драматични смяна на ръководството – от Опенхаймер към Телер, Ю. Б. Харитон остава безсменен ръководител на всичките етапи на съветските военни ядрени изследвания.



Юлий Харитон през 1992 г. пред първия модел на съветската атомна бомба РДС-2 в музея на ядрените оръжия в Арзамас-16.

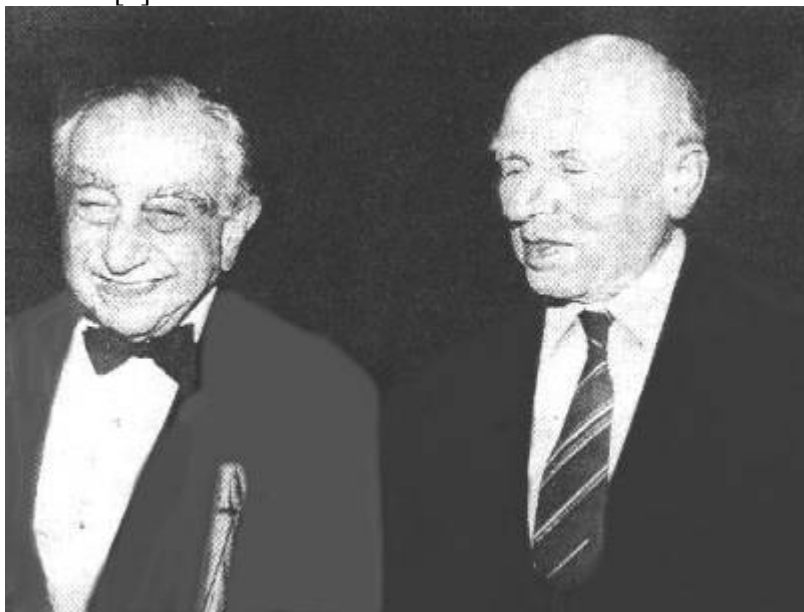
Юлий Борисович Харитон е роден през 1904 г. в Санкт-Петербург в старо интеллигентско семейство. Завършва реална гимназия на 15 годишна възраст и става студент в електротехническият факултет на Политехническият институт през 1920 г., но под влияние на лекциите на проф. А. Йоффе през следващата година се прехвърля във Физическия факултет на образувания през 1918 г. Физико-механичен факултет на същия институт. Веднага забелязан от Н. Н. Семьонов (впоследствие Нобелов лауреат по химия), 17-годишният Харитон, заедно с А. Валтер и В. Кондратиев (бъдещи академици) са привлечени на работа в неговата лаборатория в Физико-техническият институт. Ю. Б. Харитон завършва Политехническият институт през 1925 г., когато се появява и първата му публикация, съвместно с З. Ф. Валт “Окисляване на парите на фосфора при малки налягания”. В нея се установява, че съществува определено критично значение за налягането на кислорода, под което реакцията на окисляване на фосфорните пари въобще не може да протече. Детайлното експериментално разработване на този проблем – съществуването на критични параметри за протичане на верижни реакции, поставя основите на знаменитата Семьоновска школа за изследване на верижните процеси и по-късно – на взривните верижни ядрени реакции. През периода 1926 – 1928 гг. Харитон работи в Кавендишката лаборатория в Кеймбридж под ръководството на Ръдърфорд и Чадуик и за изследването “За преброяване на сцинтилациите, произведени от алфа-частици” му е присъдена учената степен “доктор по философия”. След завръщането си в Петербург – във вече отделилия се Институт по химична физика Харитон организира и ръководи лаборатория по взривни вещества, където към края на 30-те години в сътрудничество с Я. Б. Зелдович правят забележителните теоретични изследвания, сочещи възможността за експоненциален ръст на броя на деление на тежки атомни ядра – т.е. на ядрен взрив. В

началото на 40-те години, заедно с Гуревич определят условията за достигане на този стадий.

По-нататъшната, близо половинвековна научно-изследователска, научно-организаторска и държавническа дейност на Юлий Борисович Харитон се покрива с историята на създаването на атомната и водородна бомби на Съветския Съюз. От пръв сътрудник на Курчатов в Лаборатория № 2 на АН на СССР, главен конструктор на КБ-11 от 1946 г. и по-късно научен ръководител на преименувания във ВНИИЕФ Арзамас-16 – до 1992 г. (и почетен научен ръководител до смъртта си през декември 1996 г.). Той е член-кор. на АН от 1945 г., а за академик е избран през 1953 г. заедно със Сахаров. Три пъти е Герой на Социалистическия Труд и има три Сталински награди.

За него са единодушни, че “единственият му недостатък е, че няма недостатъци”. Не само секретността е причина около името му да не се шуми. Аристократ по вид, дух и поведение, коректен и сдържан, с естествена скромност и подкупващо обаяние. Човек на дълга и отговорността, правоверен комунист и лоялен към страната си, той работи всеотдайно и с феноменална работоспособност в продължение на повече от половин век за интересите на родината си.

Харитон “проговаря” едва в началото на 90-те години. По възникналата дискусия относно приноса на “разузнавателната информация”, постъпваща от Запад и спомогнала за съветските разработки, той, в характерния за висш държавен служител – най-сух тон заявява: “В последно време в печата широко се обсъжда въпросът за ролята на разузнаването при създаването на атомното оръжие. Без да се впускам в подробности (...), бих искал да отбележа, че без съмнение постъпващата разузнавателна информация спомогна за ускоряване на нашите работи. Обаче като цяло тази информация изигра важна, но спомагателна роля, понеже у нас съществуваше собствен алтернативен проект за създаване на атомната бомба, успешно реализирана две години след първото изпитание (...). Гигантските проекти бяха успешно реализирани преди всичко защото техните ръководители и многочислените участници бяха хора с висока научна квалификация и обща култура. Без това условие не може да се осъществи и най-съвършената научна идея. Изворът на тази култура и от двете страни на океана беше един и същ – имам предвид европейската научна физична школа” [7].



Е. Телер и А. Сахаров по време на честването на 80-та годишнина на Телер през 1988 г.

Едуард Телер е роден през 1908 г. в Будапеща в семейството на заможни унгарски евреи. След завършване на гимназия, през 1926 г., въпреки интереса и проявените способности към математиката, под натиска на баща си започва да учи химия в политехниката в Карлсруе, но още през следващата година се премества в Мюнхен да изучава физика, където царства Арнолд Зомерфелд, и след още една година – в Лайпцигския университет, където гастролира новоизгряващата звезда – Вернер Хайзенберг. Под негово ръководство след завършване на висшето си образование през 1930 г. защитава дисертация на тема “Йонът на водородната молекула”, след което в продължение на четири години специализира в Меката и Медината на европейската теоретична физика – Гьотинген и Копенхаген. С утвърждаването на националсоциализма в Германия и настъпването му и в другите европейски страни, Телер, заедно с голяма част от европейската еврейска интелигенция е принудена да се оттегля все по на запад – отначало в Лондон, а след това – от 1936 г. в университета във Вашингтон, където през 1941 г. получава американско гражданство. От този период е приятелството и сътрудничеството му с друг емигрант – от Съветския Съюз – Джордж Гамов и забележителните им научни приноси в ядрената физика (правила на Гамов-Телер за радиоактивни преходи), заедно с Г. Ян формулира теорема за условията за устойчива симетрия на молекулни конфигурации, и теорема за разсейване на неутрони от орто- и пара-водород; има и значими приноси в областта на астрофизиката и физиката на космичното лъчение. След войната, от 1946 г. до 1952 г. е професор в Чикагския университет, а от 1953 г. – до 1975 г. - професор в Калифорнийския университет в Бъркли. От този период са предсказването и обяснението на възможността за съществуване на мезоатоми (открити от Алварец), както и откриването и обяснението (заедно с Голдхабър) на гигантските резонанси при разсейване на ядра.

През 1930 г., заедно с приятеля си Лео Сцилард, посещава и присъства на подписването от страна на Айнщайн на писмото до президента Рузвелт с призив за пристъпване към създаване на атомна бомба. Привлечен е в проекта Манхатън още от началото на неговата дейност, но още от тогава обмисля създаването на водородна термоядрена бомба. След първия взрив на атомната бомба и пускането на такива бомби над Хирошима и Нагазаки, когато немалка част от участниците в проекта, водени от хуманни и пацифистки мотиви се оттеглят от по-нататъшно участие, Телер, познаващ добре същността на националсоциализма и комунизма (като юноша той преживява опита за болшевишка революция през 1919 г. в Унгария) и воден от дълбоката си недоверие към съветската власт и многовековните руски имперски амбиции, бламиран от приятели, остава един от основните привърженици и ръководители при създаването на американската термоядрена бомба. Продължава работата по тези изследвания в Ливърморската национална Лаборатория до 1975 г., когато е назначен за почетен професор на Института Хувър за изучаване на войната, революциите и мира към Станфордския университет. През 80-те години той е един от основните идеолози на Рейгъновата доктрина за Звездните войни.

6. Заключение думи. Историята на създаването на водородната бомба е, вероятно, най-ярката илюстрация на взаимно проникнати, неотделими и обвързани, взаимно стимулиращи се взаимодействия между научни открития и изследвания, технологични и инженерни разработки, раждането и развитието на цели индустриални отрасли – от една страна, и необикновените последствия за хода на историческия процес на цялото човечество и живота върху планетата Земя – от друга. Може да се каже, че до голяма степен, следвоенното (на Втората световна война) развитие на световната история се извършва под плътната сянка на “ядрените гъби” – неотделим продукт на военните изследвания и въоръжавания. Вече близо половин век

американското и руско ядрено оръжие доминира в световната политика. “Ядрената дипломатия” е двигателната сила за формиране на отношенията между политически сили и фокусира световното обществено мнение. Историята става още по-интересна поради коренните социални и политически различия, при които се развива: в капиталистическото и социалистическото общества, както сме свикнали да ги наричаме. Два процеса протекли паралелно, в известен смисъл независимо, довели до еднакъв резултат, с различни последици ... Никой не може да отрече, че до голяма степен разпадът на Съветската империя е предизвикан от технологичното превъзходство на САЩ, зародило се от военните ядрени изследвания на американските учени. Сталинската тактика на “прихващане и догонване” (вероятно до голяма степен по принуда на обстоятелствата) може да доведе до временни успехи, но едва ли може да осигури основа за дълготрайна стратегия. След Хирошима Сталин взема решение за развитие на атомните разработки, не защото руските учени са предложили това, а защото САЩ са демонстрирали възможностите на бомбата. Разгръщането на съветските термоядрени разработки е също процес на догонване, продиктувано от политически интереси.

И ако между науката и властта през всички епохи и исторически моменти е имало връзка и взаимозависимост, въпреки явното или неявно признаване на силата и посоката на тази връзка, в случая с военните термоядрени изследвания бих искал да акцентирам върху явно нарастващото и проявено влияние на учените върху световните исторически процеси. Става дума за пряко изявени позиции и въздействие. Първи самите учени, участващи в изследванията и изпробванията, виждат и схващат последици от своите действия. Опенхаймер - за атомните и Сахаров – за термоядрените, са най-ярките примери за това. И ако американските учени започват движението “учените за мир и против ядреното превъоръжаване” (тук аз не обсъждам ролята на ляво настроената западна интелигенция или голямото влияние на съветската пропаганда или внедрените и платени техни служители), оказали голямо влияние върху общественото мнение и спомогнали за преустройство на ядрената надпревара, то Сахаров е един от основните стълбове на съветската “перестройка”. През този период и във връзка с тези изследвания се осъществява и преките контакти и лични влияния между лидерите – на политици и учени. Учените се “издигат” до ранг на държавни ръководители и въпреки че решенията се вземат от политически съображения, с тяхното становище и с мнението на цялата научна общност трябва да се съобразяват висшите ешелони на властта.



Трима от участниците в разработването на РДС-37, първата съветска двустепенна бомба: (от лява на дясно) Герман Арсениевич Гончаров, Валентин Николаевич Климов и Юрий Алексеевич Трутнев – Семипалатинск, ноември 1955 г., когато е изпитана бомбата.

В случая със Съветския Съюз научните разработки за изготвяне на ядреното оръжие изиграва и друга важна роля. Ако административно-командният стил на ръководство на съветската индустрия се оказва добре дошъл за поставените задачи, то сковаващите идеологически щампи и предразсъдъци играят дълго време задържаща роля. Едва пробивът и успехът на начинанието успява да отхвърли идеологическото опекуство и да увеличи тежестта на научната аргументация. Всъщност това е началото на европеизацията на съветската наука и учените на тази страна. И ако науката в целия останал свят е станала интернационална, то едва след изравняването на постиженията в термоядрените изследвания в двете противопоставящи се политически сили съветската наука и учени излизат на яве на световната сцена.

Тази “паралелна история” на развитието на научните изследвания и еднаквост на техния продукт повдига въпроса за възможния паралелен и/или независим ход на научно търсене. Наистина ли трасето на научната мисъл е така твърдо и еднозначно определено? Това го твърди Ханс Бете в пледоарията си, че съветската водородна бомба, и по-конкретно – заслугите на Сахаров, нямат нищо общо с шпионските сведения, продължаващи да пристигат отвъд океана. Оспорват го други, основавайки се на силното припокриване на техническата реализация при двата проекта.

Бележки

[1]. Ние ще предполагаме, че любознателният читател е запознат в една или друга степен с историите за създаване на американската и съветска атомни бомби. (Всъщност в голяма част от времето, което настоящият разказ обхваща, съветските учени са в трескава дейност по построяването на тяхната бомба). За повече подробности вж. напр. "Физико-математическо списание", кн. 1, 1992 г.; "Светът на физиката", кн. 2 и 3, 1998 г. и др. Затова, в хода на по-нататъшния разказ, имената на известните физици, участници в тези събития, "появили се на сцената" дотогава, ние ще използваме *ad hoc*.

[2] В средата на 90-те години, когато се изясни ролята на съветското разузнаване в ядрения шпионаж и контактите им с видни западни учени, научната общност реагира остро и болезнено на опитите на някои стари руски супершпиони да опетнят техните имена. Бор винаги е бил пацифист; като такъв се изявява и по време на войната. Известни са неговите усилия да убеди американското правителство за споделяне на тайната на атомното оръжие с руснаците и спиране на превъоръжаването на основата на паритета. Разказва се случаят, когато Бор, с неговия английски език и сложни изречения, излага възгледите си пред Чърчил. Последният, след като го изслушва с надменно мълчание, го отминава и изфучава пред съветника си по научни въпроси лорд Чаруел: "Какви ми ги приказва този господин?!". След като през 1994 г. беше публикуван пълният "Отчет" на Терлецки от "командировката" му в Копенхаген (вж. "Вопросы истории естествознания"), става ясно, че Бор не е казал нищо повече от това, което вече се знае в научната литература.

[3] С този "статус" е свързана и репликата на Семьон Беленкий: "Ние пак ще ближем задника на Зелдович!" - вж. "Воспоминания" на А. Д. Сахаров. Тук трябва да отбележим, че едва на този етап в проекта са привлечени да участват и физиците от ФИАН, начело с И. Е. Там. Над него тегне “запрет” на специалните служби – самият Игор Евгениевич на младини има активна политическа дейност, свързана с меншевиките, а брат му – инж. Евгени Евг. Там, заемал ръководни длъжности в промишлеността, е разстрелян като “вредител” (след “самопризна-ния”) през 1935 г. А идеологът на ЦК на Компартията по тези времена А. А. Жданов отдавна го е заклеил

като “буржоазен идеалист” и собственоръчно го е зачеркнал от списъците при избор на “академици” през 1947 г.

[4] В броя си от 17 юли 1948 г. *"Science News Letters"* публикува статията на Уотсън Дейвис "Свърхбомбата е възможна", в която са изложени принципните положения за създаване на деутериева ядрена бомба, в която се говори за възможността неутроните, получавани от ядрения синтез, да се използват за делене на уран-238.

[5] Заслужава да се предаде впечатлението от този взрив, видян през очите на един от неговите създатели – Сахаров, от блиндаж на 35 km. от кулата, на която е монтирано “изделието”:

“Остават 60 секунди, ..., 50, 40, 30, ..., 5, 4, 3, 1!

В този момент нещо просветна над хоризонта, след това се появи бързо разширяващо се бяло кълбо – светлината му обхвана целия хоризонт. Виждах разширяващото се кълбо и разстилящия се под него червен прах. След това облакът, вече със сив цвят, започна бързо да се отделя от земната повърхност и издига нагоре, избухвайки в оранжеви отблясъци. Постепенно се образува нещо като “шапка” на гъба. Със земята тя се съединяваше с “пънчето” на гъбата, неправдоподобно по-широка от онази, която бяхме свикнали да виждаме на снимките от взривовите на атомните бомби. От основата на “гъбата” продължаваше да се издига прах, бързо разстиляща се по повърхността на земята. В този момент до нас достигна ударната вълна – оглушителен удар по ушите и цялото тяло, последван от продължителен гръм, бързо затихващ в продължение на десетки секунди. След няколко минути облакът стана черно-син, зловещо разпрострян над хоризонта ... “

[6] Освен вече гореспоменатите, това са: Е. Н. Аворин, В. А. Александров, Ю. Н. Бабаев, Г. Н. Гончаров, В. Н. Климов, Г. Е. Клинишов, В. Н. Козлов, Е. С. Павловский, В. П. Феодоритов, М. П. Шумаев, В. Б. Адамский, Б. Д. Бондаренко, Ю. С. Вахрамеев, Г. М. Ганделман, Г. А. Дворовнко, Н. А. Дмитриев, Е. И. Забабахин, В. Г. Зографов, Т. Д. Кузнецов, И. А. Кирилов, Н. А. Попов, В. И. Ритус, В. Н. Рогодин, Л. П. Феокистов, Д. А. Франк-Каменецки, Д. М. Чуразов. От математическия колектив на Отделението за приложна математика на АН на СССР, под ръководството на М. В. Келдиш и А. И. Тихонов, са споменати: И. А. Адамская, А. А. Бунатян, И. М. Гелфанд, А. А. Самарский, К. А. Семендяев, И. М. Халатников.

[7] “Най-много” и конкретното, което признава Харитон, е: “Клаус Фукс е немски физик-комунист, който напуска Германия в началото на фашисткия режим, и от 1934 г. работи в Англия, получавайки английско поданство. През 1939 г., след появяването на моите статии, в лабораторията на английския физик Пайерлс започват да се занимават с проблема за създаването на ядрено оръжие. Пайерлс поканва Фукс да работят съвместно. Работата се провежда секретно от нас, въпреки че между Великобритания и СССР има договор за обмен на информация по научно-техническите въпроси, имащи отбранителен характер. Фукс, като принципен комунист, постъпва извънредно смело: отива в съветското посолство и разказва за всичко, което знае. Той добре разбира, че ако това стане известно, може да му донесе големи неприятности.

През 1943 г. английската група се пренася в Америка в Лос-Аламос. Съветското разузнаване успява да установи връзка с Фукс и от време на време той продължава да предава достъпната му информация. Тази информация попада в ръцете на хора, сведущи в науката (...). До 1946 г. Фукс работи в Америка, след което се завръща в Англия, където контактите му със съветското разузнаване продължават.

Що се отнася до първата бомба, която американците изпитаха през юли 1945 г., той успя да ни изпрати подробна нейна схема и беше видно, че тя много прилича на действителността. Получавахме най-различни данни, но не бяхме сигурни дали в тях няма някаква дезинформация. Ние не знаехме къде и как се получава информацията,

ставаше въпрос за много детайли, които бе невъзможно да бъдат възстановени от тях. Отлично разбрахме, че трябва да се провеждат съответните пресмятания и големи експериментални работи, които да потвърдят, че това, което са ни предали, работи и дава получения от американците ефект”.

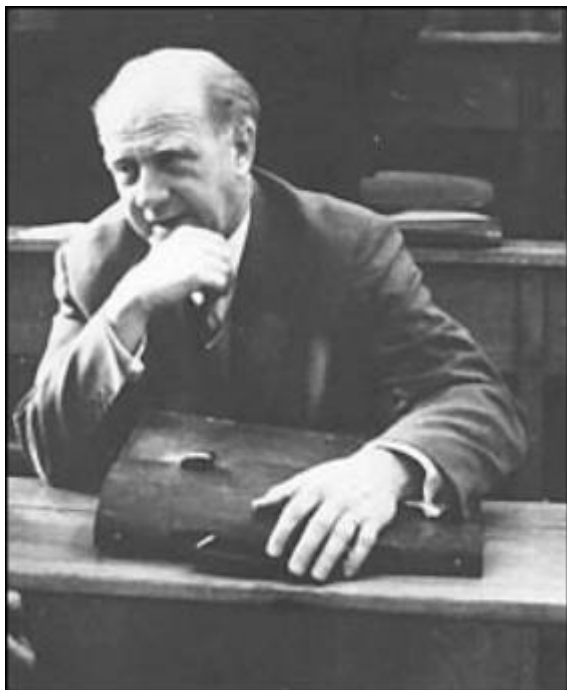
100 ГАДИНИ ОТ РОЖДЕНИЕТО НА ХАЙЗЕНБЕРГ

ВЕРНЕР ХАЙЗЕНБЕРГ (1901-1976)

I част.

МЕЖДУ ДВЕТЕ ВОЙНИ

Иван Тодоров



По време на Симпозиума по съвременна физика в Триест, през юни 1968 г., колега от Израел демонстративно напусна залата, когато Хайзенберг започваше своята лекция – в знак на протест, че говори човек, който е сътрудничел с нацистите. Самуел Гудсмит, научен ръководител на мисията “Алсос”¹, също проявява лични чувства и представя Хайзенберг в твърде неблагоприятна светлина (в книгата “Alsos” от 1947 г.). Страстите не утихват и до днес: пиесата “Копенхаген” на М. Frauen (1998 г.)² (в която се разиграват различни варианти на срещата между Хайзенберг и Бор в окупирания от немците Копенхаген през септември 1941 г.) предизвиква остра дискусия на страниците на Physics Today (лято 2000 г.) между още живите свидетели на епохата.

Въпросът за поведението на Хайзенберг в хитлерова Германия ни води към по-общата тема за учения при диктатура, тема, която засяга и нас. Това мотивира и моя избор на какво да се спра в тази статия, посветена на 100-годишнината от рождението му. От многостранното творчество на Хайзенберг (започнало с докторска работа по турбулентност, през квантовата механика, теорията на феромагнетизма, теория на ядрото, до квантовата теория на полето) аз ще се спра само на неговата основополагаща работа от 1925 г. (матричната формулировка на квантовата механика). В замяна на това ще разкажа накратко за два периода от живота му – младежките години и началото на хитлеровото господство в Германия, до Втората световна война – които най-често се премълчават, а ако се споменават, то пристрастно.

1. Водач на младежка група

Вернер е амбициозен син на амбициозни родители. (Баща му, професор по византология в Мюнхен, дава на сина си, гимназист, проявил интерес към теория на числата, написания на латински труд на Кронекер.) Ученик през войната, той участва в младежко дружество за военна подготовка. През пролетта на 1919 г., когато немските последователи на Ленин установяват в Мюнхен болшевишка съветска република и “военна диктатура на пролетариата”, Вернер е на страната на силите (подкрепени от военния министър-социалист в Берлин), които помагат тя да бъде разгромена. Неговият биограф [1], макар че не крие пороците на съветския режим, който се опира единствено на добре платена армия и доразрушава изтощената от войната баварска икономика, пише с отгън на осъждане за позицията на Хайзенберг (която съвпадала с хитлеровата).

След войната Вернер е активен участник в баварското младежко движение: той е водач (“фюрер”) на група “намиращи пътя” момчета (“Pfadfinder”, създадения в началото на века немски вариант на Boy Scouts). Половин век по-късно Хайзенберг започва своите спомени [2] именно с тези свои преживявания. По време на хаоса в загубилата войната Германия образовани младежи от добри семейства търсят опора в романтичните идеали на миналото – в хармония с природа, музика и философия, далеч от нечистоплътния свят на политиката и големите пари. Трябва ли да ги съдим, както правят редица автори, които пишат за тези събития след разгрома на хитлерова Германия [3], че, избирайки елитарната аполитичност, те оставят вакуум, запълнен от други - с политически екстремизъм и диктаторска демагогия?

През есента на 1920 г. ненавършилият още 19 години Хайзенберг постъпва в Университета в Мюнхен – и оправдава очакванията за блестяща кариера на (избран!) водач на група. Даже първият външен неуспех работи в негова полза: Вернер иска да учи чиста математика, но старият Линдеман (прочут с доказателството за трансцендентност на π) го отправя (всеки път, когато студентът се опитвал да каже нещо, пуделът на полуглухия професор почвал да лае ... виж [1] с. 99). Така Хайзенберг постъпва при Арнолд Зомерфелд – учителя на най-много нобелови лауреати в историята – който го включва от самото начало в своята изследователска програма за разбиране на строежа на атома и на атомните спектри. Когато Зомерфелд заминава за една година (1922-23) за Америка, той урежда Хайзенберг да замине за Гьотинген. Там още през юни 1922 г. мюнхенският второкурсник се запознава с Нилс Бор, който гостува в малкия университетски град с цикъл от 7 лекции. Така 20-годишният младеж става свой в трите водещи световни центъра по теоретична атомна физика по онова време: Мюнхен, Гьотинген и Копенхаген (института на Бор). Хайзенберг работи със стръв. През същото лято (1922 г.), преди заминаването на Зомерфелд, те завършват първите си две съвместни статии. По правило, което ще се повтаря години наред, след всепоглъщаща напрегната работа, Вернер се откъсва напълно от физиката и тръгва с другарите си в едномесечен туристически поход в Южен Тирол (присъединен след поражението на Германия към Италия). Наред с почивката момчетата изпълняват патриотична мисия: да покажат на откъснатите от страната си немско говорещи (в случая австрийци), че те не са забравени.

2. Създаване на квантовата механика

Звездният час на Хайзенберг е лятото на 1925 г.: ако възникването на съвременната квантова механика може да се свърже с определена дата, тя е 25 юли 1925 г., когато Макс Борн предава ръкописа на своя 23-годишен студент за публикуване в *Zeitschrift für Physik* [4]. Историята на първите стъпки на квантовата теория е разказана както от нейните създатели [5, 6], така и от по-късни изследователи (виж например [7, 8]). Гледната точка на увлечен от физиката френски математик [9]

разкрива същината на постижението на Хайзенберг с малко думи и сравнително прости средства.

Най-важната предпоставка за развитието на атомната физика е откритието от втората половина на 19 век, че спектрите на излъчване на простите вещества могат да им служат като визитни картички (Плюкер, 1858 г.) – те напълно ги характеризират. Доказателството идва в знаменита по простотата на използваните в нея средства и значимостта на получените резултати работа на Бунзен и Кирхоф (1860 г.), в която те нагряват различни метали и соли с помощта на Бунзенова горелка - без смушаващ спектралните наблюдения пламък (виж [8] §9 в, сс. 166-170).

Ридберг (1890 г.) намира закон, който Ритц (1908 г.) обобщава: честотите ν на различните серии от спектрални линии са разлики от стойности, индексирани с цяло число

$$\nu_{nm} = \nu_n - \nu_m, \quad m, n = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Най-прост е примерът с формулата на Балмер за спектъра на водорода, $\nu_n = R/n^2$; сам Балмер пише (1) (1885 г.) за обратните величини, дължините на вълните $\lambda_n = (1/2)\rho\nu_n$ и неговата формула изглежда по-сложна. Елементарният закон (1) крие в себе си бъдещата революция във физиката: забележително е, че сумата на две наблюдаеми честоти ν_{nm} и ν_{lk} е наблюдаема само ако $m = l$, така че $\nu_{nm} + \nu_{mk} = \nu_{nk}$. В класичната физика всеки две честоти (на един трептящ източник, атом) могат да се събират – те образуват *абелева група*; така кратните (хармоничните) на честотата на звуков тон звучат като обертонове. При наблюдаваните спектрални линии на атомите това не е така; тук може да става дума само за по-общ обект, *группоид*.

Основавайки се на формулата на Балмер (и на предходна работа на австралийския физик Артър Хаас от 1910 г. - виж [8] с. 197-198), Бор предлага през 1913 г. своя модел на атома. Атомът на водорода се състои от положително натоварено ядро и един (отрицателен) електрон, който може да се върти около ядрото само по дискретни *стационарни орбити*. Атомът има *състояние с най-малка енергия (основно състояние)*, в което въртящият се електрон не излъчва (смела хипотеза, която противоречи на класическата теория на Максвел и Лоренц). Радиусът на тази стабилна орбита се изразява чрез константата на Планк h , масата m и товара e на електрона по формулата на Хаас: $a = h^2/me^2$. Постулатът, че орбиталният ъглов момент е кратен на h , $L = nh$, води до извода, че n -тата орбита има радиус n^2a . От тук и от класичния израз за кулоновия потенциал Бор извежда формулата за n -тото ниво на енергия на водородния атом:

$$E_n = -e^4m/2n^2h^2 (= \alpha^2/2n^2.mc^2, \alpha = e^2/hc \approx 1/137). \quad (2)$$

Опитите за обяснение на дискретността на електронните орбити и на стабилността на основното състояние на атома в рамките на съществуващата тогава физика са безнадеждни. Изходът, който предлага Бор, е прост като колумбовото яйце: това, което виждаме, но не можем да обясним – постулираме. Класичната механика участва в теорията само чрез “принципа на съответствие” – проявяващ се когато действието е достатъчно голямо, за да може да се пренебрегне съществуването на отделни неделими кванти. Искане се изкуство (музикалността на Бор – както ще каже Айнщайн) за прилагане на този принцип, за ходене по ръба на противоречието между квантовите постулати и класичната физика. В публикуваната посмъртно реч пред Академията за изящни изкуства [10] Хайзенберг говори за изгубеното чувство за хармония в науката през този период. Пайс резюмира реакциите спрямо теорията на Бор през 12-те години между нейното публикуване и създаването на квантовата механика ([8] гл. 10) с думите на Дикенс: “Това беше време на вяра, това беше време на съмнение”.

Решението, предложено от Хайзенберг (по време на възстановяването му от сenna треска на остров Хелголанд в Северно море в края на май 1925 г.), започва с

промяна на въпроса, на който физиците се мъчат да отговорят. Той заявява от самото начало, че ще строи теория, която използва само наблюдаеми (поне по принцип) величини. Траекторията на електрона в дадено стационарно състояние на атома не е между тях. Това, което атомната спектроскопия ни дава, са преходите между две стационарни състояния. Не само честотите, но и всички физически наблюдаеми в атома се определят не от едно, а от две нива на енергия; те се номерират с две цели числа m и n : x_{mn} – за координатите, p_{mn} – за импулсите. Произведението на две величини (x_{mn}) и (y_{kl}) се дава със сума: $(xy)_{mn} = \sum_l x_{ml}y_{ln}$. Хайзенберг още не знае, че такива величини са изучавани от математиците (Макс Борн, неговият професор в Гьотинген, ще му обясни по-късно, че те се наричат матрици), но той разбира най-важното: така определеното произведение, в общия случай, не е комутативно: $(xy)_{mn} \neq (yx)_{mn}$.

Фундаменталната промяна е осъзната бързо – от Борн, Йордан (и Хайзенберг) и от Дирак: класическите уравнения се запазват, но смисълът на наблюдаемите и законът за тяхното умножение са различни. Настъпва златна епоха на разцвет на атомната физика.

Интерпретацията на квантовата механика, от друга страна, се оказва костелив орех. Историята на съотношението за неопределеност на Хайзенберг от 1927 г. (популярно всред широката публика от самото построяване на квантовата механика), на принципа за допълнителност на Бор и неговите дискусии с Айнщайн изисква отделен разказ (виж [7, 8, 11]).

Кариерата на Хайзенберг оправдава очакванията: 25-годишен (от есента на 1927 г.) той е редовен професор (директор на Института по теоретична физика в Лайпциг). През 1933 г. му е присъдена (със задна дата) нобеловата награда по физика за 1932 г.



3. Професор в хитлерова Германия

*Нет, не под чуждым небосводом,
И не под защитой чуждых крыл,
Я была тогда с моим народом,
Там, где мой народ, к несчастью был.*
Анна Ахматова, 1961 г.

В края на януари 1933 г. президентът на Германия, маршал фон Хинденбург, назначава за канцлер Адолф Хитлер, председател на спечелилата най-много гласове на изборите “Национал-социалистическа работническа партия”. (Унизителният за Германия Версайски мирен договор и световната икономическа криза водят до поляризация на политическите сили в страната. Както убедително показва Е. Л. Фейнберг ([12] сс. 253-261) 14-кратното увеличение на броя на гласовете за нацистите между 1928 г. и 1932 г. е реакция, предизвикана от сталинската колективизация, която засяга и немските заселници в Русия от времето на Екатерина II.) След месец е (инсценирано?) запалването на Райхстага от холандския комунист ван дер Лубе, използвано от властите за затягане на режима³. Немските професори – и най-достойните, като секретарят на Пруската академия Макс Планк – се опитват да отделят науката от политическите борби и така да я предпазят от намесата на властите. Когато Айнщайн заявява от Америка (на 11 март 1933 г.), че той не би живял в Германия, докато там се преследват хора заради техните възгледи, неговият приятел (нобелов лауреат) Макс фон Лауе (човек с безупречна репутация и мъжествено поведение през годините на нацизма) му пише: “Когато ти правиш подобни политически изказвания, тук държат отговорна едва ли не цялата академична общност” (виж [1], гл.15, с. 302). Април 1933 г. започва с организирани прояви на антисемитизъм (дни на бойкот на еврейски магазини, провокации срещу евреи-преподаватели) и със закон, който постановява, че “държавни служители от не-арийски произход трябва да се пенсионира”. Министърът на пропагандата на Третия Райх, Гьобелс, заявява, че тези действия ще продължат докато евреите в чужбина не прекратят своята анти-германска дейност. Новият закон засяга силно университетите. Лауе и Хайзенберг се опитват да запазят за Германия учени като Макс Борн, като нобеловите лауреати Фриц Хабер и Джеймс Франк, Р. Курант (сътрудника на Хилберт) и др. Планк използва и посещението си при Хитлер за тази цел. Без успех: пенсионираният Борн отлага за известно време решението си, но след като нацисти оскъбвяват по-големите му деца, останали в Гьотинген, той пише на Зомерфелд: “Човек не може да служи на страна, която го третира като гражданин от втори сорт и се отнася още по-зле към децата му.” През периода 1933-39 общо 50 професора от Гьотингенския университет са емигрирали; 32 от тях са били от естествените науки ([1] с. 600, бел. 22). (Те включват и не-еврейна Херман Вайл, който, подобно на берлинския си колега Ервин Шрьодингер, напуска Германия.) Не успели да спрат отстраняването и емиграцията на своите колеги, Планк, Лауе и Хайзенберг правят усилия поне да запълнят новите ваканции с прилични хора. Тук те се сблъскват със съпротивата на физиците-нацисти, включващи двама нобелови лауреата, експериментаторите Филип Ленард и Йоханес Щарк, които разпалват страстите, стремейки се да придобият по-голямо влияние. Хайзенберг получава по това време привлекателни предложения за работа в чужбина, но той смята (и по-старият му събрат Планк подкрепя убеждението му), че трябва да се пазят огнищата на немска култура и наука. Капитанът не бива да напуска кораба по време на буря. Той пише на Борн за желанието си да работи сред “кръг от хора, които разбират, че живеем за тях и за науката, която ни е поверена”. За да е в състояние да помага – на науката и на младите хора, – немският професор трябва да запази позициите си, а това го принуждава да прави постоянни компромиси. Описано е от очевидец как 76-годишният Планк, в началото на реч (като председател на Обществото Кайзер Вилхелм) с усилие над себе си вдига ръка, за да произнесе ритуалното “Heil Hitler”.⁴ Пред всеки порядъчен немец, останал в родината си, стои трудният въпрос, къде е допустимата граница на компромиса. Лауе, който не четял лекции, избягвал хитлеристкия поздрав: когато ходел по улицата, винаги държел нещо в ръце, така че, ако трябвало да поздрави някого, да няма как да ги вдига. Хайзенберг не е можел да заобикаля механичното приветствие в

началото на лекциите си, но отказва да вземе участие в широко рекламирано общо събрание на Национал-социалистическа лига на учителите, организирано от Щарк през ноември 1933 г.. Студенти нацисти готвят демонстрация срещу него в дните, когато е оповестено, че той е удостоен с нобелова награда, обаче негови млади другари от туристическите походи осуеят акцията ... След смъртта на Хинденбург, през август 1934 г., Щарк се обръща с призив към колегите си, нобелови лауреати, да подкрепят на предстоящ плебисцит обединяването на длъжностите канцлер и президент в ръцете на Хитлер; Хайзенберг, Лауе, Планк и Валтер Нернст отказват – аргументирайки се, че наука и политика не бива да се смесват.

За да не загинат главните центрове по теоретична физика в Германия, Хайзенберг е поканен да заеме мястото на емигрирания Макс Борн в Гьотинген, а по-късно (след като този план е осуетен) – да оглави катедрата на пенсиониращия се негов учител, Зомерфелд, в Мюнхен. За да осуети това, компанията на Ленард и Щарк, която се бори за надмощие в немските университети, пак се мобилизира за атака срещу новите направления в теоретичната физика и лично срещу Хайзенберг. Той се чувства длъжен да отговори на нападите и отделя от времето си, посветено на щастливо поглъщащата го наука, за да я защити публично. През септември 1934 г. той казва пред престижното Общество на немски учени и медици в Ханوفر, че революционните идеи в теоретичната физика не са игра на спекулативни умове (както твърди Щарк), а са ни наложени от природата. Изследванията на Ленард по фотоефекта получават адекватна интерпретация едва в Айнщайновата теория на светлинните кванти. (Хайзенберг си позволява да защити името на Айнщайн с цената на обединяването му в едно изречение с името на физика-нацист.) В началото на 1936 г., в отговор на продължаващи атаки, той отново защитава теорията – този път, с подкрепа на съчувстващи от апарата, на страниците на партийния официоз (и без да споменава имена), но редом със статия на Щарк ...

Хайзенберг не се бори с новата власт (която, в очите на повечето немци, извежда страната от тежка криза); той е против отблъскващата намеса на нейни представители в науката и се старае да се ограда от ексцесиите на фанатизираната тълпа. Неговите контакти по това време се ограничават с близките му сътрудници и студенти и с тесен кръг на любители на музиката. На пианото, при изпълнение на трио от Бетовен в дома на издателя Бюкинг, една януарска вечер, 1937 г., самотният 35-годишен Вернер се среща с 22-годишната Елисавета Шумахер. Те са привлечени един от друг и се оженват след по-малко от 3 месеца – в Берлин. През юли младоженците се отправят в Мюнхен, където живее майка му и всичко е подготвено да се изпълни желанието на Зомерфелд и Хайзенберг да получи неговата катедра. Посреща го неприятна новина: в седмичника на SS *Das Schwarze Korps* (името напомня за черните униформи на есесовците) е публикувана зловеща антисемитска статия, озаглавена „*Бели евреи*“ в науката, в която именно той е посочен като „бял еврей“ (немски „носител на бактерията“), който прокарва духа на Айнщайн в Германия. Хайзенберг (ползвал се с поддръжка от министерството на образованието) е представен като скрит враг: отхвърлил немския си асистент в полза на еврейските физици Блох и Бек, отказал да се присъедини към колегите си, нобелови лауреати, в декларацията за подкрепа на Хитлер през 1934 г., прокарал статия със защита на теорията на относителността в партийния вестник! Хората на Щарк взимат реванш. Те са намерили връзка с по-сериозна сила: елитните войски на Хитлер и Химлер. В замяна на това физиците, може би уплашени, че Хайзенберг няма да бъде единствената жертва, решително застават на негова страна. Ако в този момент Хайзенберг би се решил на емиграция, отправените към него обвинения биха се превърнали в негов актив. Но той нито за миг не допуска такава мисъл. И ... започва борба, за да измие обвиненията, които обективно (във всеки случай

от гледна точка на външния свят) му правят чест. Майка му познава майката на Химлер, която също живее в Мюнхен, и предава чрез нея писмо на сина си до нейния син ... Година по-късно (и след предизвикано по случая разследване на неговата дейност от Гестапо) Хайзенберг получава официално писмо от Химлер, в което се “възстановява доброто му име”. Обаче, той така и не заема катедрата на Зомерфелд (поборниците за “германска физика” междувременно са успели да влязат под кожата на Гьоринг ...). През лятото на 1939 г. Хайзенберг получава разрешение да замине на официално едномесечно посещение в САЩ. Той участва в конференция в Чикаго и изнася лекции (за своята теория на пороите в космичните лъчи) в редица градове. Отхвърлил съблазнителни покани за оставане на работа (например в Колумбийския университет в Ню Йорк), той си спомня в [2] (с. 169-172) разговор на тази тема в Ан Арбър (Мичиган). На аргументите на Енрико Ферми в полза на емиграцията той отговаря, че отдавна е събрал около себе си група млади хора, че вижда в тях надежда за бъдещето; “ако сега ги изоставя, ще се чувствам като предател ... Всъщност нямам голям избор. Човек трябва да бъде последователен ... Хората трябва да се научат да предотвратяват катастрофите, не да бягат от тях. Дори е необходимо да настояваме всеки да преживява бурите в собствената си страна.”

Може би Хайзенберг е отшлифовал мислите си по-късно. Свидетели на разговора (Гудсмит и Дрезден) го предават в по-неблагоприятна за него светлина (виж [1] с. 414).

Бележка на редакцията:

Втората част на статията ще бъде публикувана в кн. 4'2002.

Литература

1. David C. Cassidy, Uncertainty. The Life and Science of Werner Heisenberg, W.H. Freeman and Co., NY 1992.
2. W. Heisenberg, Der Teil und das Ganze, 1969. (English translation: Physics and Beyond: Encounters and Conversations, Harper&Row, NY 1971).
3. G. L. Mosse, Nationalism and Sexuality: Respectability and Abnormal Sexuality in Modern Europe, Howard Fertig, NY 1985; Harry Pross, Jugend-Eros-Politik: Die Geschichte der deutschen Jugendverbaende, Bern, 1964 (цитирани в [1]).
4. W. Heisenberg, Ueber quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehung, *Zeitschr. f. Phys.* **33** (1925) 879-883. (руски превод: Успехи физ. наук, **122** (1977) 574-586).
5. W. Heisenberg, Theory, criticism and a philosophy, in: From a Life in Physics, Evening Lectures at the International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy, IAEA, Vienna 1968 pp. 31-46; Erinnerungen an die Zeit der Entwicklung der Quantenmechanik, in: Theoretical Physics in the Twentieth Century, Interscience, NY 1960 pp. 40-47. (руски превод: Воспоминания об эпохе развития квантовой механики, Теоретическая физика XX века, ИЛ, М. 1962 сс. 53-59).
6. P. A. M. Dirac, Directions in Physics, Wiley, NY 1978 (руски превод в: П. А. М. Дирак, Воспоминания о необычайной эпохе, Наука, М. 1990, сс. 125-139); Recollections of an Exciting Era, in: History of Twentieth Century Physics: Proceedings of the International School in Physics “E. Fermi”, Academic Press, NY 1977, pp. 109-146 (руски превод в: Успехи физ. наук **153**:1 (1987) 105-134).
7. M. Jammer, The Conceptual Development of Quantum Mechanics, McGraw-Hill, NY 1967 (руски превод: Эволюция понятий квантовой механики, ред. Л. И. Пономарев, Наука, М. 1985).
8. A. Pais, Inward Bounds. Of Matter and Forces in the Physical World, Clarendon Press, Oxford 1986.
9. A. Connes, Noncommutative Geometry, Acad. Press, NY 1994 (& I-1); A. Connes, A. Lichnerowicz, M. P. Schutzenberger, Triangle de Pensees, Odile Jacob, Paris 2000 (Ch. III pp.63-69).

10. Вернер Хайзенберг, Значението на изящното в точното естествознание, Studium 2 (2001) 14-17. (Печално е, че този прекрасно замислен “Двумесечник за висше образование” не е оценен от онези, от които зависи неговото спонсориране, и той е на път да прекрати своето съществуване.) (За сметка на това “Светът на физиката” ще препечата този текст в една от следващите си книжки – бел. ред.)

11. Д. Трифонов, Съотношението за неопределеност на Шрьодингер и неговите минимизиращи състояния, *Светът на физиката*, 2’2001, 107-116.

12. Е. Л. Фейнберг, Вернер Карл Гейзенберг (1901-1976) в: Епоха и личност. Физики. Очерки и воспоминания. Наука, М. 1999, с. 225-261.

¹ Мисия, която следва войските на съюзниците в края на войната, за да установи до къде са стигнали немците в опитите си да създадат ядрено оръжие.

² Вж. *Четиво с продължение* за тази година. – бел.ред.

³ Жертвите от нацистки репресии до началото на войната (1939 г.) възлизат на близо 10 000 души. Уви, това не е рекорд за изминалия 20 век: убитите в малка България през първото десетилетие след 9 септември 1944 г. са около 3 пъти повече (а жертвите на ленинския терор – по официални съветски данни от преброяването на населението през 1924 г. – надхвърлят 18 милиона, без да се броят убитите – около милион - през гражданската война!).

⁴ Виж [12] с. 237; за тези, които биха прибързали да осъдят немците за безропотното приемане на този ритуал, Фейнберг справедливо напомня “аплодисментите, преминаващи в овации” при всяко публично споменаване на името на вожда в “страните на реалния социализъм”.

ДА СИ КАЖЕМ КРИВИЦИТЕ

Учебната 2001/2 г. започна в средните училища с нови учебници по предметите в IX и X клас на средното училище. Налице са и първите впечатления за новото в учебния процес по физика. Затова, припомняйки си думите на Васил Левски, нека се вгледаме по-критично като физици в професионалната си дейност, свързана с обучението на учениците.

През 2000 г. в МОН бяха изготвени новите учебни програми по физика и астрономия за IX и X клас, а в началото на 2001 г. бе публикувана Наредба № 5, по която бяха одобрени учебници и учебни помагала по физика за задължителната и за профилираната подготовка. Одобрените учебници се появиха на пазара и учителите имаха възможност да се запознаят бегло с тяхното съдържание, като направят своя избор на учебника, по който ще преподават. Има вече и впечатления за съдържанието на учебниците и за това как то се възприема от учениците през първите месеци на учебната година. Не мина и без скандал, в който акцентът на критиката падна повече върху заинтересоваността на самия министър на МОН от преразглеждане на оценките за собствения му учебник, отколкото върху недостатъците на нормативните документи и съдържанието на самите учебници, които бяха одобрени. И тъй като и в програмата, и в написването на самите учебници взеха участие наши колеги, време е да се спрем на резултатите от това участие, защото то определя и авторитета на физичната колегия, и – което е много по-важно – познанията по физика, които ще получат учениците от IX и X клас и особено тези, избрали физиката като профилиращ предмет, а защо не – и като бъдещо поприще за университетско образование.

Учебната програма по физика бе изготвена с участието на автори на досега използваните учебници и затова не е изненада стремежът им структурата на програмата и урочните теми да се приближават максимално до вече написаното. Положителна страна на съвпадението “съставител на програма” с “автор на учебник” е запазването на традицията в учебното съдържание и лекотата, с която учителите биха възприели новия-стар учебен материал. За съжаление отрицателните страни на това съвместителство са много повече. Една от тях е, че авторските грешки се повтарят отново и отново, като неправилните виждания се пренасят в програмата, а тя от своя страна налага подход и изисквания, които репродуцират грешките в учебниците.

Да се вгледаме например в темата “Еднородно електростатично поле” в IX клас. От програмата ще прочетем, че ученикът трябва да дава “примери за приложения на ел. поле (електронно-лъчева тръба)”. В методическите указания по прилагане на програмата се добавя, че електронно-лъчевата тръба “е прехвърлена в електростатиката като илюстрация на влиянието на електричното поле върху **движението** на заряди.” Такова смесване на **статика** с **движение** е неправилно не само от методична, но и от физична гледна точка, още повече, че в електронно-лъчевата тръба статични са само полетата, определящи яркостта и фокусировката на лъча, но не и отклонението му по екрана, което става с **променливи** електрични полета. Така че мястото на урока за движение на електрични заряди **не е** в електростатиката, а в урока “Ток във вакуум”, където ще присъства (неправилно пренебрегнатото) физично явление термоелектронна емисия с приложение и в електронно-лъчевата тръба, и в кинескопа на телевизора, и в компютърния монитор и пр. Още по-неприятно е, че оценителите на проектите за учебници третират не само програмата, но и методическите указания като нещо, което авторите трябва да спазват задължително. Това налага безсмислен “калъп”

за реда, в който се появяват урочните теми и ограничават авторската свобода в структурата на учебника.

Програмата за IX клас, уви, не е лишена от груби грешки от физично естество. Познанията, които ученикът ще получи в раздела за постоянен ток, трябва да му позволят да “използва полупроводников диод **като прекъсвач** (!) на ток”, както и да “проектира и реализира елементарни **логически** схеми”. Очевидно съставителите на програмата смятат, че при изправителното действие токът през диода се прекъсва, което просто не е вярно – диодът не е прекъсвач на ток! Да припомним, че волтамперната характеристика на изправителния диод (неоснователно пренебрегвана в програмата) има клон, който показва протичането на ток в обратна посока, дължащ се на неосновните токоносители и много по-малък от тока в права посока. Колкото до понятието **логически** схеми – в схемотехниката то означава определен тип схеми, с които се осъществяват операции на математическата логика. Логическите схеми са обект на **импулсната** техника, а не се реализират чрез подаване на напрежения от постояннотоков източник, каквато изкривена представа придобиват учениците от съответните упражнения, предвидени в лабораторния практикум. Как тогава ученикът ще ги “проектира” – както е изискването на програмата? Те нямат нищо общо с елементарните **електрически** схеми в гимназиалните учебници, каквито трябва да се научи да чертае и свързва ученикът, така че този опит за “модернизация” на програмата трябва да отпадне!

В програмата присъства ядро “Наблюдение, експеримент и изследване”, от реализацията на което се очакват съответни за всеки стандарт резултати. В методическите указания обаче хем се посочва, че ядрото е общо за програмата, хем се идентифицира главно с лабораторния практикум, изнесен като отделен раздел в учебника. Тази неяснота се използва от оценителите на проектите за учебници, които критикуват автори, чиито лабораторни работи следват уроците (където методически им е мястото), а не в отделен практикум накрая на учебника, който едва ли се реализира в пълнота предвид бедното обзавеждане на училищните кабинети по физика. Освен това за наблюдения и експерименти се говори почти във всеки урок, така че е нелепо те да бъдат извеждани като самостоятелно ядро с компактно подредени текстове.

Може би най-сериозният недостатък на програмите по физика за задължителното равнище е стремежът физичните явления да се разглеждат на **качествено ниво**. Бягството от формули не се дължи на липсата на математически познания у учениците. То е резултат от погрешното разбиране, че качествено обяснение чрез текст на десетина реда в учебника е по-лесно за осмисляне от ученика, отколкото математическия израз на физичната зависимост. Това не е така, защото изразът, свързващ величините в един физичен закон, по-лесно се запечатва в образната памет на ученика, отколкото формулировката на закона, изказана с думи. Формулата във физиката става образен обект в ученическата памет, в който обект ученикът може да посочи кои са физичните величини зад буквените им означения и какво съотношение изразява формулата като цяло. Далеч съм от мисълта да препоръчвам повсеместна употреба на физични формули (особено в учебника за задължителна подготовка), но не трябва да забравяме, че физиката е най-точната наука, защото е количествена, и не бива да свеждаме нейните твърдения до описателни форми, използвани в “неточните” науки. Да не забравяме също, че физичните зависимости се използват при решаване на задачи, в които ученикът използва наученото **като инструмент** при решаване на конкретен проблем. Разлиствайки чуждоезикови учебници по физика, ще забележим, че използването на физичните познания за практически цели е един от начините да убедим ученика защо му е необходимо да си блъска главата върху по-абстрактните (в сравнение с други науки) физични съждения. Така ученикът ще почувства, че

физичното познание не е самоцел, а нещо полезно, което ще му върши работа в бъдещето.

Недостатъците на учебните програми по физика се засилват и от намаления брой часове по предмета, предвидени в съответния клас. За съжаление училището не предлага сериозни мотиви, поради които ученикът би избрал “труден предмет” като физиката за профилираната си подготовка. За да направи такъв избор, ученикът би трябвало да знае за какво този предмет ще му трябва за в бъдеще – при избор на физиката като професия (но без да има представа за нея?) или като основен предмет, който ще му помогне в овладяването на други науки (например инженерните)? Засега общественото ни развитие не предлага масова перспектива за реализация на млади хора със сериозни физични познания. И затова при избора си учениците се ръководят от непосредствени съображения, в които внушенията и качествата на учителя и учебниците могат да окажат определено влияние. Мястото на физиката в средното училище обаче зависи в немалка степен и от държавната образователна политика. Годици наред тя се определяше от конюнктурни съображения – като се започне от (провалилото се заради насилствената си форма) трудово-политехническо обучение, и се завърши със стремежа към чуждоезиково обучение и интерес към учебни предмети, свързани с кандидатстване в популярни (засега!) университетски специалности в областта на обществените науки. Недостатъчният обем от часове, отделен за физиката (а и за другите природни науки) представлява отстъпление от един важен според мен принцип – акцентът в средното образование следва да падне върху обучението по науки, защото то е решаващо за формиране на интелекта на младия човек. И ако научното познание засега не намира обществена потребност и – още по-малко – обществено признание, това не е основание да се загърбят бъдещите потребности на нацията от специалисти с такива познания.

Недостатъците и неяснотите в учебните програми се превръщат удобен параван за оценителите на проектите за учебници, които би трябвало да дават количествени оценки съгласно цитираната наредба на МОН. Отнапред е ясно, че количествените оценки изискват ясни нормативни критерии, за да бъдат убедителни, а не нагласявани по съображения, нямащи нищо общо с действителните качества на проектите. Основният недостатък на самата наредба е, че тя не въвежда **конкурсното начало** с атрибутите му **анонимност, институционална и лична необвързаност на оценителите, ясни критерии за оценка**. Съдържанието на наредбата показва, че конкурсното начало е пренебрегвано умишлено от съставителите на наредбата, а обвързаността на оценителите с административни структури на МОН (оправдавано с липсата на средства за хонорари) и възможностите за произвол в оценките по точкова скала със свободна интерпретация са основание да се търсят доста по-дълбоки причини за скандала с учебниците (извън липсата на художествени критерии). Проектите за бъдещите учебници се нуждаят от нова наредба, в която нямат място критерии за оценка с пет-степенна скала, според която оценителят трябва да отбележи дали проектът за учебник “съответства напълно, в голяма, в средна, в малка степен или не съответства” на изискванията. Това е така, защото разликата между съответствието в голяма и в средна степен е само във въображението на оценителя, а точките са определящи за одобрението или неодобрението на учебника. Особено опасни са оценките с “да” и “не” за съответствие между учебника и структурата на учебната програма, тъй като формалното “несъответствие” може да предлага (както вече посочихме) по-добро структурно решение от това в програмата. Може примерно да се запита дали включването на допълнителни, но важни според авторите и интересни за учениците урочни теми, които са пропуснати в замисъла на програмата, следва да водят до отхвърлянето на учебника? Заслужава да се помисли също до какво води стриктното

привързване към програмата – дали само към уеднаквяване на подготовката на учениците по предмета на базата на досегашни идеи и учебници, написани по тях, или до заостряност на обучението, недопускаща нови идеи, теми и подходи? Новото хилядолетие се характеризира с бързо развитие на науката и учебниците трябва да следват по възможност днешните, а не вчерашните ѝ постижения.

Допълнително въведеното изискване на МОН проектите за учебници да бъдат съпроводени с две рецензии от специалисти, избрани от издателствата, изглежда имаше за цел да отстрани грижата на МОН за оценка на съдържанието на проектите **по научно същество**, каквато липсва в наредбата. Искането на рецензии от самия издател е нелепо най-малкото затова, че никой издател не би представил за одобрение учебник със сериозни фактически недостатъци. Това обаче не означава, че такива няма! Излиза, че проектът за учебник може да бъде отхвърлен от МОН примерно за трудно доказуеми и неправилни отклонения от целите и структурата на учебната програма, но не и за допуснатите в него грешки от научно естество. А такива, за съжаление, се срещат и във вече одобрявани учебници на автори, получили поредната благословия от МОН. Тук няма да цитираме конкретни имена, защото много по-важно е тези грешки, неточности, аналогии, водещи към неправилни разбирания и т.п. да бъдат посочени и отстранени при преподаването на съответния урок. Кое е и основната цел на тази статия.

Да започнем с една по-скоро шега. Върху корицата на учебник по физика и астрономия за 9-ти клас виждаме как постоянен магнит “пронизва” с магнитното си поле бобина и уредът към нея показва протичането на (различен от 0) ток. Тъй като магнитът и бобината от фигурата са изобразени статично, това не би могло да се случи, но учениците ще го научат едва в урока за електромагнитна индукция. Не е шега обаче неправилно използваната аналогия между потенциалната енергия на тяло с маса m , намиращо се над земната повърхност и електричната потенциална енергия на пробен заряд в урока “Потенциал на електростатичното поле”. Защото зад външната близост на картинките стои въпросът: съществува ли аналогия между участващите в тях величини? Защото ако авторите виждат такава между маса и заряд и между сила на тежестта и електрична сила, тръгвайки от общото понятие потенциална енергия, то сравнявайки изразите $G = mg$ и $F = qE$, би трябвало да обяснят съответствието между g и E , каквото не съществува! Проблемът се задълбочава при решаването на задачи в урока за движение на заредени частици, където се задава наготово (като число) кинетичната енергия на частицата (без да се обяснява от какво зависи тя при действието само на електрични сили) и се пита как се изменила тя въз основа на закона за запазване на пълната енергия. Затова – по-внимателно с аналогияте, защото те създават в паметта на ученика погрешни логически връзки!

Има ли кондензатори **без** диелектрици – би се запитал ученик, като види заглавие на урок “Кондензатори с диелектрици”. Защото авторите на учебника не се разбрали, че между електрически заредените метални плочи, доближени една до друга има въздух (или вакуум), който също е диелектрик. Зареденият електроскоп също може да се разглежда като кондензатор – единият електрод е топчето с металната пръчка и листенцата, вторият електрод е земята, а между тях е диелектриктът на въздуха и стъклото. Така че кондензатори **с диелектрик** са не само произвежданите промишлено за нуждите на електрониката. Просто кондензатори без диелектрик не съществуват.

Питам се колко ли години ще са нужни на българските автори на учебници по физика да преминат от разглеждане на *pnp*-транзистори към такива от *npn*-тип, които се прилагат вече повсеместно в електрониката. Защото в предишното издание на разглеждания учебник от същите автори *npn*-транзисторите поне присъстваха с картинка за устройството им и схемното им означение. Сега вече ги няма, но учениците ще научат нещо за полевите транзистори и интегралните схеми (това – добре!).

Надявам се поне, че вече никой кандидат-студент по физика няма да пише за **био**полярни транзистори, както това стана преди много години, повтаряйки печатна грешка в тогавашните учебници. Добре е и оценителите на учебници да са в крак с актуалното във физиката, когато оценяват учебника дали “съответства на съвременното състояние на науката”. Защото ако съдим по уроците за радиовълни и за принципа на телевизията в разглежданите учебници, пренебрегването на суперхетеродинния принцип, който се използва от десетилетия в радио- и телевизионните приемници, не може да се оправдава с опростяване на блок-схемите, за да бъдат по-разбираеми за учениците. Просто защото опростените представи са неверни. Ако, обяснявайки принципа на телевизията, приемем схемата на авторите за предаване и приемане на видеосигнала, като твърдим, че звукът се предава и приема отделно, както в радиоприемника, ще изградим погрешна представа у учениците как работи домашният им телевизионен приемник – като във вица за заврения зет – образ има, звук – няма.

В желанието си да бъдат по-лесно разбрани от читателите авторите на учебници се стремят към максимално опростени представи на явленията, които понякога не държат сметка за вече наученото в предишни уроци. Да вземем за пример магнитните свойства на веществата, които се обясняват с помощта на понятието *магнитни диполи* по аналогия с диполите в електростатиката. Поради използваната аналогия в урока за магнитни свойства на веществата остава без отговор въпросът защо магнитните диполи в диамагнетиките се ориентират противоположно във външно магнитно поле и коя е причината ориентацията на магнитните диполи във феромагнетиките да се запазва и след отстраняване на външното поле. В урока авторите се задоволяват само с констатации, че това се наблюдава и кой знае защо познанията на учениците за строежа на атома (положително ядро, около което по орбити обикалят електроните) не са използвани и доразвити в посока да се свърже орбиталното движение на електроните с електричен ток, на който се дължи орбиталният магнитен момент на атома, който обяснява диамагнитните и парамагнитните свойства на веществата, а спинът на електрона – със спиновия магнитен момент, който е определящ за магнитните свойства на феро- и феромагнетиките. Време е вече да преодолеем нежеланието да използваме квантовомеханични представи за строежа на атома (защото били сложни за разбиране от учениците) именно в случаите, когато можем да ги онагледим чрез класически аналогии, сравняващи движението на електроните по орбита и около собствената им ос с това на Земята около Слънцето и около земната ос на денонощно въртене. Ако не правим това, абстрактните квантовомеханични идеи на съвременната физика ще си останат и за в бъдеще несвързани с представите на класическата физика и поради това – трудно разбираеми за бъдещите подрастващи поколения.

За да се удовлетворят **неоснователните** родителски претенции срещу претоварването на учениците с учебен материал, в програмата и учебниците по физика за 9-ти клас се спестяват редица физични величини и зависимостите между тях. Физичните константи, характеризиращи свойствата на веществата и влизащи в редица физични закони също се избягват, сякаш стремежът е да се спести зазубрянето на числените им стойности (което е необходимо само в редки случаи). По този начин обеднява и математическият апарат на физиката, с което се ограничава разнообразието на количествените физични задачи. Стига се до парадокси, като например да се описват свойствата на кондензаторите, без да се споменава най-същественият им параметър – диелектричната проницаемост на диелектрика на кондензатора. Подобен е парадоксът при магнитните материали, където магнитната проницаемост е основен параметър, който определя магнитните свойства на различните видове вещества. Пренебрегнато е и понятието *интензитет на магнитното поле* H със съответната му мерна единица (A/m), заради което хистерезисната крива е представена във вида $B = B(B_0)$, който ни отдалечава от

практическото приложение на физиката в характеристиките на материалите, където се използва зависимостта $B = B(H)$. В крайна сметка желанието да спестим на учениците информация за ϵ_0 и μ_0 и относителните им стойности ϵ_r и μ_r оставя след себе си непълнота, която е съществена за приложната страна на тези константи.

Явлението електромагнитна индукция лежи в основата на много уроци, свързани с получаването на променлив ток, трансформацията на напрежение и електрическите машини. Въпреки че законът на Фарадей е даден в словесна форма, липсва формула, която да изразява връзката между електромагнитните величини, участващи в закона. В нея не е необходимо да се предполагат безкрайно малки изменения на магнитния поток ($d\Phi/dt$), а е достатъчно да се използват крайни изменения $\Delta\Phi/\Delta t$. Тогава изразът за

индуцираното напрежение $u_i = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ може да се използва за намиране на коефициента на трансформация на трансформатора, а предлаганият опит в урока за трансформатори да се използва като потвърждение на теоретичната зависимост, базираща се на закона на Фарадей. Така бихме убедили учениците в една важна черта на физиката като наука, а именно, че теоретичните знания винаги вървят ръка за ръка с физическия експеримент и една физична хипотеза или теория се утвърждава като научна истина едва след експерименталното си потвърждение.

Не случайно започнахме критичните бележки с малка шега по повод на илюстрация от корицата на учебник. Онагледяването на физическия текст е много важно за по-лесното му усвояване от учениците, за които образната памет е доминираща на тяхната възраст. Затова богатите на илюстрации учебници са желани не само от учениците, но и от техните учители. Добрата научна илюстрация изисква преди всичко ясно авторско виждане какво да бъде изобразено на нея и на кои елементи от образа трябва да падне акцентът, свързан със същността на обяснението. За съжаление в учебниците има пропуски като например графичното означение на pn -прехода в полупроводниковата структура на диода, който е съществен за обяснението на еднопосочната му проводимост. В други случаи – като илюстрациите, обясняващи принципа на работа на електрическите машини – подробното текстово обяснение на сложната илюстрация едва ли ще остави трайна следа в паметта на ученика.

За съжаление многоцветният печат оскъпява учебника и затова МОН изисква проектите да бъдат само с един допълнителен цвят наред с белия, черния и оттенъците на сивия. Формално погледнато многоцветният учебник би трябвало да се санкционира при оценката, въпреки че (естествено) се харесва повече от оценителите в сравнение с проектите, изготвени според изискванията. Липсата на критерии за художествено оформление (което предизвика през лятото скандала с учебниците) и занижаването на точковите изисквания показаха, че наредбата и учебният план (не само) по физика се нуждаят от сериозна преработка, която до началото на 2002 г. не бе осъществена. Остава висящ въпросът какво ще се учи в отпуснатия допълнително час по физика в X клас, като направеното във вестник “Азбуки” предложение от автори на учебник за преразпределение на урочните теми, още чака разпоредба от МОН. Отлагането на срока за предаване на нови проекти на учебници за края на м. март показва, че в МОН все още не са наясно дали и как да се въведе конкурсното начало. Може да се спори доколко конкурсът ще стане наистина анонимен и ще осигури принципност в оценките. Сегашната нормативна база дава сериозни основания да се смята, че в одобрението или неодобрението на проектите за учебници, значителна роля играят личните връзки, корупцията и служебната зависимост, които нямат нищо общо с лозунга “Почтеност във всичко”.

Людмил Вацкичев

**Рубриката се спонсорира от
КОМИТЕТА ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА АТОМНАТА ЕНЕРГИЯ ЗА
МИРНИ ЦЕЛИ (КИАЕМЦ)**

НОРМИ ЗА РАДИАЦИОННА ЗАЩИТА.

НОВИТЕ НОРМИ В БЪЛГАРИЯ

I. Целите на нормите за радиационна защита.

За защита на ЧОВЕКА от вредното действие на йонизиращите лъчения се въвеждат задължителни допустими нива, респективно дози, на облъчване. Те се отнасят както за лицата (персонала), които са подложени на професионално облъчване поради естеството на своята работа с източници на йонизиращи лъчения, така и за населението като цяло при нормални условия и при евентуални аварийни или хронични облъчвания. Спазването на определените с подходящ нормативен акт (закон, постановление, указ, наредба и др.) във всяка страна нива на облъчване имат за цел:

1. изключване на възникването на вредни за здравето на хората детерминирани (прагови, нестохастични) ефекти, т.е. ефекти, за които съществува минимална доза, предизвикваща даден ефект и над която тежестта на проява на ефекта се увеличава с нарастване на дозата, и

2. намаляване на вероятността от възникването на вредни за здравето стохастични (безпрагови, вероятностни) ефекти до такива стойности, които в светлината на съвременните ни познания и схващания за радиационния риск в сравнение с рисковете при други човешки дейности се смятат от компетентните международни и национални органи и от обществото за приемливи.

II. Кратки исторически бележки

Историята на въвеждането на допустими нива, респ. дози, на облъчване или с други думи на основни норми за радиационна защита датира от началото на миналия век. Още през първите 2-3 десетилетия на XX век отделни изследователи (напр. Ролинс, Сиверт, Мутшелер) и някои национални здравни органи (напр. в Дания) предлагат различни стойности за целите преди всичко на медицинското приложение на източниците на йонизиращи лъчения. Допустимите дози на облъчване за един ден често пъти са възлизали тогава на около 100 mSv, което от днешна гледна точка е нещо много голямо и недопустимо!

Основите на международните усилия за създаването на съвременни, по-строго обосновани норми за радиационна защита фактически се полагат през 1928 г., когато по решение на Международния конгрес по радиология в Стокхолм се създава “Международен комитет за защита от рентгеновите лъчи и радия”, преименуван по-късно в “Международна комисия по радиологична защита” - съкратено: МКРЗ или ICRP. Оттогава тази Комисия работи (с прекъсване през време на Втората световна война) като независима международна институция, в която участват изтъкнати учени и специалисти от различни страни. От първите публикации през 30-те години на XX век досега МКРЗ е разработила и издала над 70 публикации, съдържащи препоръки във всички области на радиационната защита.

Последните препоръки на МКРЗ, отнасящи се до основни норми за радиационна защита, се съдържат в публикация № 60 от 1991 г. [1]. Тези препоръки, отчитащи съвременните оценки за радиационния риск, послужиха като основа за разработването и публикуването на практически приложими норми от страна на Международната

агенция за атомна енергия при ООН със седалище във Виена [2] и от Европейската комисия със седалище в Брюксел [3].

С тези документи на авторитетните международни институции се прави една голяма и решителна крачка към намаляване на допустимите нива на облъчване, които се съдържат и в новите български норми, действащи у нас от началото на 2001 г.



III. Разработване на новите български норми

В качеството си на ведомство, отговарящо основно за радиационната защита в България, Комитетът за използване на атомната енергия за мирни цели (КИАЕМЦ) при Министерския съвет (МС) организира и финансира разработването на новите **ОСНОВНИ НОРМИ ЗА РАДИАЦИОННА ЗАЩИТА**, почиващи на цитираните по-горе документи. С помощта на специалисти от системата на здравеопазването, Министерство на околната среда и водите, Катедрата по атомна физика на Софийския университет и АЕЦ “Козлодуй” ЕААД беше съставен проект, който беше съгласуван с действащия правилник за работа на МС с всички министерства и държавни агенции. След като бяха получени забележките и корекциите при това съгласуване, работна група от специалисти на КИАЕМЦ разгледа и отчете забележките и предлаганите корекции и разработи последната редакция, която беше внесена за разглеждане в МС през ноември 2000 г. Последният прие на свое редовно заседание при пълно единодушие “Наредба за основни норми за радиационна защита” и с Постановление № 5 от 10.01.2001 г. тази Наредба влезе в сила. Поради значителния обем (270 страници) пълният текст на нормите беше публикуван като притурка на Държавен вестник, бр.5 от 2001 г. още през същия месец. Тези норми заместиха действащите дотогава норми от 1992 г., които се основаваха преди всичко на препоръките на МКРЗ от 1976 г. (Публикация № 26 на МКРЗ).

IV. Съдържание на Наредбата за основни норми за радиационна защита на Република България.

Новите норми съдържат 5 глави, допълнителни разпоредби, в които съгласно действащите нормативни документи са дефинирани термините, понятията, величините и измерителните единици, и 32 таблици.

Първата глава разглежда общи положения и областта на прилагане на основните норми, които се отнасят за всички дейности с източници на йонизиращи лъчения,

облъчвания и намеса при аварийни и хронични облъчвания. Нормите не се отнасят, респ. не се прилагат, при облъчвания, които се дължат на непроменения естествен радиационен фон, на радон в сгради и вследствие на медицински диагностични и терапевтични процедури. Дозите, получавани при тези облъчвания, не се включват в границите на дозите, установени с тези норми. За намаляване на облъчването* от радон в сгради и вследствие на медицински процедури следва да бъдат разработени от Министерство на здравеопазването отделни наредби и правилници, които трябва да заменят някои от действащите сега документи, като ги приближат максимално до приетите от Европейския съюз директиви.

Втората глава се отнася до освобождаване на дейности и източници на йонизиращи лъчения от изискванията на нормите. Критериите затова съвсем накратко са: радиационният риск за персонала и за населението трябва да бъде достатъчно нисък, така че да не е предмет на контрол, и вероятността за увреждане на здравето или за събития, които да обуславят радиационен риск, да е незначително. След задължително обосноваване компетентните държавни органи прилагат съответните разпореждания на тази глава, респ. на съответните горни граници на мощност на дозата или на активност и специфична активност съгласно таблиците от приложението.

В глава 3 са дадени границите на дозите при облъчване**, а именно:

а/ за професионално облъчване границите на ефективните дози са съответно - 100 mSv за период от 5 последователни години (или средно 20 mSv за една година), като се допускат 50 mSv за една отделна година при спазването на строги допълнителни условия; за отделни органи и тъкани са въведени граници на годишни еквивалентни дози - 150 mSv за очната леща, 500 mSv за кожата, ръцете до лактите, стъпалата и глезените;

б/ за учаци се и стажанти на възраст от 16 до 18 навършени години, които поради естеството на обучението трябва да го провеждат в среда на йонизиращи лъчения, дадените по-горе стойности са около 3 пъти по-ниски;

в/ за населението, или по-точно за всяко лице от населението, границата на годишната ефективна доза е 1 mSv***, като само при особени обстоятелства и при условие, че средната ефективна доза за 5 последователни години няма да превишава 1 mSv, се допуска годишна ефективна доза до 5 mSv; за очната леща годишната еквивалентна доза е 15 mSv, а за кожата тя е 50 mSv.

В същата глава се въвеждат и строги изисквания към облъчването на работещи жени при бременност или по време на кърмене, а също така и на екипажите на самолети. Изисква се и контрол и препоръчването на мерки за намаляване на облъчването от страна на компетентните държавни органи за дейности, при които съществува възможност за надфоново облъчване от естествени източници (напр. при работа в минерални бани, пещери, мини и др.).

Вторичните граници на облъчване, чрез които се осъществява необходимият контрол, са предмет на глава 4, в която се разглеждат и основните изисквания за оценка на дозите за осигуряване на радиационната защита. Вторични (производни) граници на облъчване са например границите на мощността на еквивалентната доза при външно облъчване, граници на годишното постъпване на отделни радионуклиди в организма чрез вдишване и чрез поглъщане, граница на средногодишната обемна активност на въздуха, граница на средногодишната обемна активност в питейна вода и др. Тези граници както за персонала така и за населението се съдържат в 18 таблици. В същата глава са дадени и някои съществени зависимости при извършване на контролни измервания и при евентуалното едновременно действие на няколко радиационни фактора (напр.: външно облъчване от няколко различни източника, постъпване на няколко радионуклида в организма при вдишване и/или поглъщане, съчетано външно и

вътрешно облъчване). Всички пресмятания се извършват в т.нар. “условен човек”, параметрите на който са определени от Международната комисия за радиологична защита в нейната публикация № 23 (1976 г.).

Глава 5 е посветена на намесата за осигуряване на защита при аварийни и хронични облъчвания. Компетентните държавни органи са длъжни да се намесят в рамките на своите правомощия за осигуряване защита на персонала и населението в случаите на реални и потенциални облъчвания, когато прогнозираната доза може да превиши границите на дозите на облъчване, определени за нормални условия. При аварийно облъчване трябва веднага да се пристъпи към определяне на погълнатата и на ефективната доза и да се приложат защитни мерки. Дозовите критерии за вземане на адекватни решения за защита при аварийно и хронично облъчване са дадени в таблица от приложението. Въведени са и критерии за намеса, за изземване на замърсени с радионуклиди хранителни продукти и питейна вода.

В допълнителните разпоредби са дефинирани 74 термина, понятия, величини и измерителни единици, чрез което се изясняват и уточняват текстовете от петте глави за нормите и поясненията в приложените 32 таблици.

V. Заключителни бележки

На първо място искам да отбележа, че КИАЕМЦ разполага с ограничен брой от “Основни норми за радиационна защита” и заинтересуваните институти, учебни заведения, предприятия, обществени организации и др. могат писмено да поискат един или повече екземпляри на адрес: 1574 София, бул. “Шипченски проход” 69, КИАЕМЦ. Наложително е всеки, който работи с източници на йонизиращи лъчения да се запознае или да бъде запознат с тези норми, така че да бъде напълно наясно както със своите права, така и със задълженията си. Необходимо е също и по-широки кръгове от обществото (и преди всичко учащите се и студентите) да познават основни положения от нормите и принципите на съвременната радиационна защита.

В развитите страни, към които в някои отношения спада и България, около 90 % от допълнителното, надфоновото, техногенното облъчване на населението при нормални условия се обуславя от медицинските приложения на източниците на йонизиращи лъчения (на първо място: от рентгеновата и радионуклидната диагностика). Това налага обновяване, осъвременяване на нашата нормативна база в областта на медицинските приложения на източниците на йонизиращи лъчения. В това отношение компетентното ведомство в тази област - Министерството на здравеопазването - е все още в дълг към нашето общество и към усилията на страната за присъединяване към Европейския съюз. Нормите, които разглеждаме тук, са основополагащ документ за разработването на немалък брой правилници и наредби в различните области на приложения на източниците на йонизиращи лъчения и към това трябва да се пристъпи съвсем отговорно и без излишно бавене.

Библиография

1. ICRP Publication 60: “1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection”. Pergamon Press, Oxford, 1991.
2. “International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for Safety of Radiation Sources”, Safety Series No 115, IAEA, Viena, 1996.
3. Council Directive 96(29)Euratom of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation”, Official Journal of the European Communities, Vol. 39, 29 June 1996.

Роберт Попиц

* Трябва да се отбележи, че за медицинските процедури не се установяват граници на дозите, а се посочват необходимите мерки за намаляване на дозите на облъчване на изследваните или на лекуваните пациенти. За целите на рентгеновата и радионуклидната диагностика се дават само препоръчителни стойности на параметрите, които определят дозите на облъчване. Това е така поради факта, че пациентите имат определена полза за уточняване на диагнозата и метода на лечение, т.е. ползата от прилагането на източници на йонизиращи лъчения превишава възможния радиационен риск.

** Дефиниции на различните видове дози са дадени в допълнителните разпоредби на нормите, а пояснения и примери за пресмятането им могат да се намерят в книгата “Живот с радиация (Р. Попиц, В. Пенчев), ДИ “Народна просвета”, София, 1989г.

*** За сравнение: средната годишна ефективна доза за жител на Земята, дължаща се на естествения радиационен фон, възлиза съгласно докладите на Научния комитет за действието на атомната радиация при ООН, на 2,4 mSv. Стойността за българското население е близка до посочената.

Внимание: Не си пийте кафето, преди да прочетете тази статия!
(Бел. на Редакцията)

ФИЗИКА НА ПРИГОТВЯНЕ НА КАФЕТО

А. Варламов, Дж. Балестрино

Пътешественикът, странстващ от една държава в друга, ще забележи, че в нашия век на глобализация, стандартизация и засилени транснационални монополи, когато едни и същи разхладителни напитки се намират както в Ню Йорк, така и в Катманду, пазарът на кафе остава удивително пъстър и разнообразен. Напитки от едни и същи зърна се приготвят и пият по различен начин в Турция и Египет, в Италия и Франция, във Финландия и САЩ. Поръчвайки си кафе някъде в Неапол, вие ще получите изящна чашка с размери малко по-големи от напръстник, на дъното на която бавно се поклаща гъста капка с черен цвят, покрита с апетитна пяна. Но при същата поръчка в Чикаго вие ще получите пластмасов съд с обем около половин литър, напълнен с гореща вода с светлокафяв цвят. Ние не можем да се ангажираме с преценката коя от напитките е по-вкусна или по-полезна, а ще обсъдим различните методи за приготвяне на кафето и свързаните с това физични процеси.

Варено кафе. Един от най-старите начини за приготвяне на кафе е запазен и до днес в някои северни области на скандинавските страни. 10 g препечено и едро смляно кафе се залива с 150 - 200 ml вода и се вари около 10 min. След това се разлива по чашите без филтриране и се оставя няколко минути да се утаи. В процеса няма никаква интересна физика, а вкусовите качества на тази напитка оставяме без коментар.

Кафеварка с книжен филтър. Тези кафеварки са широко разпространени в САЩ, северна Европа, Германия и Франция. Принципът ѝ на действие е много прост, а приготвянето на кафето заема 6 – 8 минути. Едро смляно кафе се сипва в коничен филтър, приготвен от специална филтърна хартия. Върху кафето капе горещата вода и го “обмива”, преминавайки през филтъра, и се събира в стъклен съд. В резултат се получава лека кафява кафеена напитка: само малка част от кафеения екстракт преминава през плътния хартиен филтър, а едро смляното кафе и отсъствието на допълнително налягане не спомага за пълното извличане на всички аромати на кафето. Американската доза е 5 – 6 g кафе на 150 - 200 ml вода; европейската – 10 g кафе на чашка.

Кафе “по турски”. Процесът на приготвяне на това кафе вече заслужава внимателно описание. Кафеените зърна се смилат fino (на прах) и, смесени със захар (на вкус), се изсипват в “джезве” – медна или месингова конусовидна кафеварка. След това се залива със студена вода до гърлото на съда и се поставя върху нагорещен пясък (има и вариант, при който сместа от кафе и захар се сипва във вече нагорещената вода). Нагриването на течността става благодарение на топлопредаването от пясъка през дъното и стените на джезвето. При липса на горещ пясък може да се използва *слаб* огън от газова печка или електрически котлон. В резултат на нагриването възникват конвекционни потоци: горещата течност изнася нагоре към повърхността прашинките на кафето, където те се задържат благодарение на силите на повърхностното напрежение и образуват “каймака” на кафето. Постепенно съдържанието на джезвето достига до състояние на кипене: повърхността се покрива с мехурчета и се образува пяната. В този момент джезвето се маха от пясъка (или котлона), понеже кипенето “убива” кафето (изглежда това е свързано с факта, че при продължително кипене се разрушават фракциите, придаващи на напитката нейния специфичен вкус, който се формира в зависимост от състава на сместа, често над хиляда аромата, голяма част от които летливи). Процесът на довеждане на напитката до кипене се повтаря още два-три

пъти, което увеличава количеството пяна. Получената течност се разлива в неголеми чашки и се изчаква да се утаи. В резултат се получава вкусна гъста напитка, особено ако водата не е била много. Освен приятния вкус такава напитка може да се използва и за “гледане на кафе”.

Италианска мока. Един от най-разпространените начини за домашно приготвяне на кафе в Италия е моката. Кафеварката се състои от три части: долна, във вид на пресечен конус (чието дъно се загрева), в която се налива водата; метален филтър, в който се сипва средно смляното кафе, и най-отгоре – съд, пак във вид на пресечен конус, но обърнат нагоре, в който се събира приготвяната напитка. Тази кафеварка е предназначена за приготвяне на питие с определена консистенция: водата трябва да се налее до равнището на филтъра, а самият филтър се напълва плътно с кафе, примерно 6 g на 50 ml вода за доза.

Процесът на приготвяне на кафе в кафеварка мока е доста интересен. Долният съд се напълва с вода, във филтъра се сипва средно смляното кафе и се “трамбува” и отгоре се завинтва горната част. (Допълнителна изолация от външната среда е гуменият уплътнител между филтъра и горната част). Кафеварката се поставя на слаб огън. Процесът на приготвяне на кафето е довеждането на водата в долния съд до кипене, когато парата над нея започва да я изтласква през кафето във филтъра, след което тя преминава през тръбичката и пълни горния съд. Кафето е готово за разливане по чашите.

Всичко изглежда просто и разбрано. Но какво “движи” описания процес? Разбира се, огънят. Отначало водата се загрева до кипене в затворения обем, където на водата е предоставено много повече място отколкото на парата над нейната повърхност. Температурата надхвърля 100 °C, през цялото време парата над повърхността остава наситена, налягането ѝ превишава 1 atm и продължава да расте, докато външното налягане над филтъра остава равно на атмосферното. Наситената пара с температура по-висока от 100 °C започва да играе ролята на свита пружина и да прекарва прегрялата кипяща вода през смляното кафе във филтъра на кафеварката. При това от кафето се извличат всички аромати, масла и други компоненти, които превръщат водата в чудесно питие. Разбираемо е, че свойствата на това питие зависят както от използваното кафе, така и от температурата на водата и времето за преминаване на водата през филтъра. Ако тайните за приготвяне на сместа от кафеени зърна, печенето и смилането им, се основават на таланта, труда и над стогодишен опит, то от какво зависи времето за преминаване на водата през филтъра можем да разберем и без помощта на промишления шпионаж, основавайки се само на нашите познания на физиката.

В средата на деветнадесети век френските инженери А. Дарси и Ж. Дюпюи са провели първите експериментални наблюдения за движението на вода в тръби, запълнени с пясък. Тези изследвания са положили началото на създаването на теорията на филтрациите, която днес успешно се прилага за описване на движението на течности, газове и техните смеси през твърди тела, съдържащи свързани помежду си пори или пукнатини. Покрай създаването в град Дижон на първата свършена система за водоснабдяване в Европа, Дарси е формулирал и така наречения линеен закон за филтрацията, който днес носи неговото име. Той свързва обема на преминалата течност Q през пясъчния филтър, чиято дължина е L , а площта - S , при разлика ΔH на равнищата на водата над филтъра и в неговата основа:

$$Q = k_f S \Delta H / L.$$

Участващият в тази формула коефициент на филтрация k_f зависи както от природата на порестата среда, така и от свойствата на преминаващата течност. Този коефициент лесно може да се представи във вида:

$$k_f = k\rho g/\eta$$

и да се премине от разлика в равнищата, характеризираща конкретния филтър, към разлика в наляганията от двете страни на филтъра $\Delta p = \rho \Delta g \Delta H$:

$$w = k\Delta p/\eta L.$$

Тук $w = Q/S$ е така наречената скорост на филтриране, показваща какъв обем течност преминава през единица площ от повърхността на филтъра за единица време; коефициентът η характеризира вискозитета на течността, а коефициентът k е характеристика само на порестата среда и се нарича коефициент на проницаемост (с размерност на площ). Трябва да се отбележи, че проницаемостта, изразена в системата SI, има много малка стойност. Така за едрозърнести пясъчинки тя е $10^{-12} - 10^{-13} \text{ m}^2$, а за по-плътни пясъчинки 10^{-14} m^2 . В нефтената промишленост за коефициент на проницаемост се използва специална единица – “дарси” (Д): $1\text{Д} = 1,02 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$.

Да се опитаме да приложим закона на Дарси към приготвянето от нас кафе. Например интересно е да се узнае до каква температура се прегрява водата в долната част на кафеварката. Да оценим разликата в наляганията между долната и горна повърхност на филтъра по формулата на Дарси:

$$\Delta p = w\eta L/k = m\eta L/S\rho kt.$$

Характерният размер на филтъра в кафеварка мока за три порции е $L = 1 \text{ cm}$ и $S = 50 \text{ cm}^2$; масата на кафето е $m = 150 \text{ g}$ и се нагрява за $t = 3 \text{ min}$; за коефициент на проницаемост на кафето ще приемем $k = 10^{-13} \text{ m}^2$, какъвто е той за едрозърнестия пясък, а плътността на водата е $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$. С вискозитета трябва да бъдем внимателни, тъй като той зависи силно от температурата, но въпреки това в справочниците по физика той е от порядъка на $\eta(100^\circ\text{C}) = 10^{-3} \text{ Pa.s}$. В резултат получаваме $\Delta p \sim 10^4 \text{ Pa}$. Съответната температура на кипене на водата, според известната графична зависимост на налягането на наситените водни пари от температурата на кипене, е $T^0 = 105^\circ\text{C}$.

И така успяхме да се справим с физиката на нормалното приготвяне на италианско кафе мока. Обаче се носят мрачни слухове, че от време на време тези кафеварки излизат извън контрол и се превръщат в бомби, заплашвайки стените и тавана на кухнята, без да говорим за намиращите се наблизо любители на кафето. На какво може да се дължи това?

Ясно е, че преди всичко може да се запуши или окисли аварийната клапа, намираща се в долната част на кафеварката, поставена там, за да даде възможност на парата да излезе в случай на незапланирано прегряване. Затова старите кафеварки стават опасни. Втората причина за “катастрофите” може да се окаже непроходимостта на самия филтър, запълнен със смляното кафе. Това може да се дължи на различни причини. Най-екзотичната, в духа на детективския жанр за неаполитанската мафия: изтънчен убиец е натъпкал горната тръбичка с кафето, останало в неизмитата вчера кафеварка. По-реалистичната: силно трамбованото (от желание да се получи по-силно кафе) много ситно смляно кафе, което се превръща в непроницаема за водата преграда. Под действие на продължаващото нагряване в долния съд, водата пробива във филтъра канал за себе си и откъсва горната част на кафеварката от резбата нагоре. С какво е свързана такава непроницаемост на филтъра?

Оказва се, че нещата опират в ограничената приложимост на закона на Дарси. В действителност линейният закон за филтрация е написан, без да се отчитат капилярните явления. Порестата среда може да бъде представена като сложна система, съединяваща празноти и капиляри. Течността може да протича през капилярните тръбички с радиус r само в случаите, когато разликата в наляганията в двата края на капиляра надхвърля $2\sigma/r$, където σ е коефициентът на повърхностно напрежение. Разликата в наляганията в краищата на капиляра може да се оцени като $\Delta p/N$, където Δp е разликата в налягането на филтъра, а N е средният брой капиляри във филтъра. Ако използваме стойностите N

~ 10 , $\Delta p \sim 10^4$ Pa, $\sigma = 0,07$ N/m, ще получим, че още при среден радиус на капиллярите $r \sim 0,1$ mm част от тях мога да се окажат запушени за протичане на течността даже при нормална разлика между наляганията в краищата на филтъра.

На пръв поглед в това няма нищо страшно – част от капилярните пори ще се окажат с по-голям радиус и ще пропускат течността. Обаче по-внимателният анализ показва, че това може да се окаже недостатъчно. Става необходимо допълнително да се подгръзва, за да може количеството от незапушени пори да бъде по-голямо от някаква критична стойност. В противен случай системата от отворени пори няма да пронизва филтъра от единия край до другия; движейки се по тези пори, течността ще може да се придвижи само донякъде и неизбежно ще се натъкне на непроницаем капиляр. За такива случаи се казва, че системата от отворени капилари е загубила “свързаност” и е престанала да пронизва цялото пространство – тя се е раздробила на неголеми групи от съединени помежду си пори; такива групи се наричат клъстери

Свойствата на системи с нарушена или ограничена свързаност се изучават от специален раздел на статистическата физика, наречен *теория на перколациите* (от percolation – протичане). Критичната концентрация на елементи, при които системата загубва свързаността си, се нарича праг на перколация. Теорията на перколациите изучава не само условията за прекратяване на протичането (тока, течността) през системата, но и свойствата на т.нар. слабо протичане, т.е. малко над прага на перколация, когато протичането става по малък брой капилярни канали. Оказва се, че зависимостта на интензитета на протичане от концентрацията на свободните пори (който в случая зависи от налягането) има сложен степенен характер (с дробен степенен показател), т.е. съвсем не прилича на закона на Дарси, който е в сила само когато протичането става по развита система на проницаеми пори.

Нека обаче се върнем към нашия кафеен филтър. В този случай частта от проницаемите пори зависи от разликата в наляганията в двата края на филтъра и от средния радиус на порите, който пък от своя страна зависи от степента на смилане на кафето. При много ситно смляно кафе средният радиус на порите намалява, а дебелината на филтъра се увеличава; в резултат системата може да се окаже непроницаема до праговата разлика в налягането от няколко атмосфери. А след това може да се случи следното. При превишено налягане над филтъра ще намалява още повече средният радиус на порите, което ще доведе до увеличаване на праговата разлика в налягането, а това – до по-нататъшно пресоване на кафето във филтъра ... казано накратко, образува се здраво затворен порочен кръг: температурата в долния съд расте, заедно с нея и налягането. Накрая, при някакво налягане, водата все пак успява да пробие някакви канали и се промъква през филтъра. В най-добрия случай вие ще получите лошо кафе, защото е била използвана само малка част от кафето, а пък и температурата е била много висока. В най-лошия случай – налягането ще нарасне толкова, че резбата няма да издържи и кафеварката ще се пръсне.

Да се опитаме да оценим максималните (теоретични) бели, които може да предизвика кафеварка за приготвяне на кафе мока, превърнала се в бомба. Ще изходим от най-лошото: забравили сме всичко, което може да се забрави, и 150 g вода се е прегряла в затворения обем, който с малко превъзхожда обема на самата вода. При температура от порядъка на критичната (когато плътността на парата става сравнима с плътността на водата), която за водата е равна на $T_k = 373$ °C = 646 K, всичката вода се превръща в пара. По-нататъшното нагриване е възможно, но тогава и кафеварката ще почне да свети! – нещо което никой не е виждал до сега. Така че, за гранична оценка да допуснем, че запушената кафеварка се е нагреля до $T = 600$ K. Тръгвайки от уравнението на Менделеев-Клапейрон, можем лесно да определим налягането в долната част на кафеварката:

$$p = mRT/MV.$$

Като положим $m = 150 \text{ g}$, $V = 200 \text{ cm}^3$, $M = 18 \text{ g/mol}$, $R = 8,31 \text{ J/(mol.K)}$, ще получим $p \sim 10^8 \text{ Pa} = 10^3 \text{ atm}$ – това е налягане от порядъка на онова на дъното на Марианската падина. И енергията, събрана в кафеварката при тази температура, е впечатляваща: $E = (5/2)pV \sim 50 \text{ kJ}$ е такава, че взривът би ускорил отделните части на разкъсаната кафеварка до скорости от порядъка на стотици метри в секунда.

От получените оценки става ясно, че резбата няма да издържи много преди достигането на тези стойности. Но е очевидна и могъщата сила, затворена в кафеварката в резултат на силното нагриване: тя е предостатъчна не само да изпръска цялата кухня с неосъществено топитие, но и да направи и други бели. Така че, внимавайте за предпазния клапан, избирайте кафе с подходящо смилане, насипвайте го в кафеварката без “връх” и не го трамбуйте излишно.

Кафето, приготвено в такава кафеварка, се получава силно и ароматно, без утайка, обаче все пак отстъпва по своите вкусови качества на кафето “еспресо”, приготвяно в реномиран бар. Основна причина за това явно е сравнително високата температура на кипящата вода, прекарвана през филтъра от прегрялата пара. Затова рецептата за подобряване на качеството на приготвяното в къщи кафе е: поставете кафеварката на слаб огън! При това процесът на филтриране ще протича по-бавно, обаче парата в долния съд няма да се прегрява излишно.

Навярно много хубаво кафе с такава кафеварка може да се приготви във високопланинска станция: там външното налягане е значително по-ниско от нормалното атмосферно налягане, водата кипва при по-ниска температура и кафето ви ще стане при оптималните $90 - 95^\circ\text{C}$.

Старинната кафеварка “Napoletana” (неаполска). Тази кафеварка напомня на описаната за правене на кафе мока, само че за филтриране на кафето вместо налягането на парата се използва силата на тежестта. Кафеварката се състои също от два съда, поставени един над друг, а филтърът със смляното кафе – между тях. Водата в долния съд се довежда до кипене, а след това кафеварката се сваля от “огъня” и се обръща. Филтрирането става под действие на налягането на водния стълб от порядъка на няколко сантиметра, така че Δp не превишава $0,01 \text{ atm}$. Процесът на приготвяне на такова кафе е значително по-бавен, отколкото с кафеварка мока. Може да се проведе експеримент за приготвяне на едно и също количество кафе с двете кафеварки и на основата на закона на Дарси за обратната пропорционалност на времето за приготвяне на кафето от създаването на налягане да се провери приетата оценка за налягането в кафеварката мока. Обаче на практика за “Napoletana” се избира по-едро смляно кафе, отколкото за мока, защото в противен случай напитката е готова едва след половин час и е ... хладка. Познавачите твърдят, че кафето “Napoletana” е по-вкусно от моката, защото е премахнато пагубното влияние на прегрялата вода.

Впрочем, високият темп на съвременния живот не оставя време за философски беседи на тераса с изглед към Везувий и прекрасният неаполски залив в приятно очакване на благотворното питие. Този разкош остава върху старите картини за живота на неаполския бряг и в пиесите на Едуардо де Филипо.

(Слагайте кафеварката, преди да сте дочели статията ... - бел. прев.)

“Еспресо”. Обаче в онези времена не всички неаполитанци били достатъчно търпеливи. Разказват, че през XIX век един от жителите на столицата на Двете Сицилии (тогава Неапол), който не можел спокойно да дочаква “Napoletana”-та, убедил свой приятел, инженер от Милано, да конструира принципно нова кафеварка, приготвяща индивидуална порция прекрасно, ароматично и гъсто питие за половин минута.

Всяка чаша хубаво кафе е вместилище на секретите от растежа и събирането на кафеените зърна, тяхното печене, смесване, смилане ... Зад върха на кафееното изкуство – малката чашка италианско еспreso – стои и високата технология. Уредът за приготвяне на “еспresото” е много по-внушителен от описаните дотук негови колеги. Обикновено такива машини ги има по барове и ресторанти, но за познавачите и любителите на кафето, съществува и неговата версия за домашна употреба. Фирмата “La Pavoni” произвежда такива кафеварки от 1905 г. и е една от най-старите и известни фирми в целия свят.

В тази кафеварка вода при температура $90 - 94\text{ }^{\circ}\text{C}$ и налягане от $10 - 16\text{ atm}$ се прекарва през специалното още по-ситно смляно кафе. Целият процес трае $15 - 25\text{ s}$, в резултат на което се приготвят $1 - 2$ порции кафе от по $20 - 35\text{ ml}$ всяка – лично за вас и за вашата събеседничка. Процесът на протичане на течността през филтъра с насипното кафе се описва от същият закон на Дарси, както и в кафеварката “Мока”, с тази разлика, че налягането на водата е десетина пъти по-високо, а температурата – по-ниска от $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тези параметри са подбрани специално по такъв начин, че високата температура да не разруши неустойчивите фракции на кафето. Сравнително краткото време на взаимодействие на водата с кафето, заедно с високото налягане, остава в кафеения прах всичко излишно и извлича всичко необходимо: емулсиите на кафеените масла формират онази гъстота на напитката, която не може да бъде достигната по никакъв друг начин; неговият аромат се запазва от получената пяна на повърхността, която не позволява летливите компоненти да изчезнат. “Еспresото”, колкото и странно да е това, съдържа по-малко кофеин – поради краткото време на контакт на водата с кафето ($20 - 30\text{ s}$ вместо $4 - 5\text{ min}$) във филтъра, а поради малкия обем не може да се извлече всичкият кофеин.

Първият образец на кафеварка “Еспresо” е бил представен в Париж през 1855 г. В съвременните стандартни уреди, с каквито са оборудвани баровете и ресторантите, водата се подава под налягане с помощта на специално монтирани помпи. В класическите апарати за приготвяне на такова кафе горещата вода от съда за нагриване чрез повдигане на ръчка запълва камерата над филтъра и след това се прекарва през филтъра ръчно със спускане на ръчката; високото налягане се създава за сметка на динамичното съпротивление от преминаването на кафето през филтъра, многократно увеличено от усилието на ръката.

Интересно е да се наблюдава поведението на струята кафе, изтичаща от отвора и пълнеща чашата. Отначало питието изтича в спокойно струя, след това тя отслабва и от някакъв момент нататък започва да капе. Същото явление ние наблюдавахме в планината: слънцето нагрива снега на покрива и водата започва да се стича от ледената висулка ту на струя, ту на капки. Да се опитаме да оценим онзи критичен обем Q_k , при който става смяна на режима. За простота ще говорим за ледената висулка, въпреки че резултатът е валиден и за кафеварката.

Нека потокът вода да се стича бавно по ледената висулка. Ясно е, че докато обемният разход на вода е много малък, струя не може да се получи. Водата ще се събира на върха на висулката във вид на капка, тя ще расте бавно и когато достигне някакъв критичен размер, ще се откъсне ... и процесът ще продължи по същия начин. Понеже казахме, че разходът на вода е много малък, можем да смятаме процеса за почти статичен. В условия на равновесие капката се откъсва, когато сила на тежестта mg надхвърли силата на повърхностно напрежение $F_{\sigma} = 2\pi\sigma r$, действаща по периметъра и по посока на притеглянето:

$$mg = 2\pi\sigma r.$$

Времето на “запълване” на такава капка очевидно ще бъде

$$t_k = m/\rho Q_k.$$

Разбира се, самият процес на откъсване на капката също отнема някакво време. Капката под действие на силите на повърхностното напрежение и тежестта пребивава в състояние близко до равновесното. Но когато нейната маса достигне критичната стойност и повърхностното напрежение вече не може да компенсира силата на тежестта, шийката се скъсва. Характерното време за скъсването на шийката τ може да се получи от съображения за размерност: течност с вискозитет η трябва да бъде преместена на разстояние от порядъка на r под действие на силата на повърхностното напрежение с коефициент σ . Можем да запишем равенството:

$$\tau = r^\alpha \eta^\beta \sigma^\chi$$

и да сравним размерността на дясната и лява части на уравнението:

$$s = m^\alpha (\text{kg}/(\text{m.s}))^\beta (\text{kg}/\text{s}^2)^\chi.$$

От тук получаваме

$$1 = -\beta - 2\chi, \quad 0 = \alpha - \beta, \quad 0 = \beta + \chi,$$

което дава

$$\alpha = \beta = -\chi = 1$$

или

$$\tau \sim r\eta/\sigma.$$

Сега е ясно, че смяната на режима на капката и струята става при такъв обем разход на вода, когато поредната капка все още не е успяла да се откъсне, а започва да се събира следващата капка, т.е.

$$t_k \sim \tau \quad \text{или} \quad m/\rho Q_k \sim r\eta/\sigma.$$

Изразявайки масата от условието за равновесие чрез силата на повърхностно напрежение, достигаме до крайната красива формула:

$$Q_k \sim 2\pi\sigma^2/\eta\rho g.$$

Впрочем, оперирайки не с обема на изразходваната вода, а с разхода на маса, би могло веднага да се получи тази формула направо от анализа на размерностите и от факта, че Q_k не трябва да зависи от размера на върха на висулката (висулката се топи и върхът ѝ се заостря). В случая на метален връх (чучурът на кафеварката), неговият размер по принцип може да оказва влияние на стойността на критичния поток, но не много силно, така че определената за висулката оценка е напълно приемлива и за отвора на кафеварката.

Разтворимо кафе. Непрекъснатата забързаност на съвременния живот доведе до появата и на разтворимото кафе. То се приготвя от истинско кафе, което се смела и съхранява при висока температура и много ниско налягане. Водата сублимира, а оставащият пращец се слага във вакуумна опаковка, където може да се съхранява много продължително време, без да губи свойствата си. Преди употреба то просто се разтваря в гореща вода.

Вариации на тема “еспресо”. Имайки на разположение кафеварка за приготвяне на кафе “еспресо” и добра кафеена смес, може да се направи цял спектър от кафеени напитки. Така например в италиански бар вие можете да получите “caffè ristretto” – “късо кафе”, приготвено с нормално количество кафе, но с по-малко количество вода; “caffè lungo” – “дълго кафе”, пак с нормално количество кафе, но с повече вода; “caffè macchiato” – с добавяне на малко мляко; “caffè coretto” – с добавка на ликьор, уиски или водка (**Опитайте и с гроздова!** – препоръка на преводача). Специално обсъждане заслужава “сариссипо”-то (букв. “шапчица” – название, идващо от приликата с черната шапчица на облечените в бяло расо монаси-доминиканци) – “еспресо”, налято на дъното на чашка със среден размер, залято с мляко и разбито на пяна с гореща пара. Добрият барман може да налее такова кафе така, че на повърхността да изплува с кафеени букви на бял фон първата буква на вашето име или

на партньорката ви. А може просто бялата пяна да посипе с какао на прах или парченца шоколад.

И накрая, разказват че в някои кафенета в Неапол и до днес предлагат “caffè prepagato” (предплатено). Изглежда така: Влиза добре облечен господин със съпругата си или със спътница и поръчва: “Три кафета! Две за нас и едно caffè prepagato!” След известно време в бара влиза бедняк или бродяга и пита няма ли caffè prepagato. И барманът му налива безплатно чашка ароматично кафе “еспресо”. Неапол си остава Неапол ...

“Квант”, № 4, 2001 г.

(Пийте кафе в Неапол и бъдете живи и здрави!

- Бел. на преводача Н. Ахабабян)

БЪЛГАРСКАТА ФИЗИКА ОТНОВО НА СЦЕНАТА

Международната общност на физиците посрещна новото хилядолетие с една интересна инициатива, в която се включиха повечето европейски страни, включително и нашата. “Физиката на сцената” се осъществи с участието не само на физиците, но и на студенти и ученици, които участваха в многобройните вътрешни и международни прояви с множество доклади, физични демонстрации и други идеи, показващи, че тази трудна точна наука има своите верни последователи и любители. От българска страна физичните “представления” бяха организирани от Съюза на физиците в България (СФБ) чрез клоновете му в страната. На 1 декември 2001 г. се състоя IV конгрес на СФБ, в отчетния доклад на който бяха обхванати почти всички “сценични прояви” в дейността на българските физици. Те (и не само те!) показаха, че организираната гилдия на физиците има с какво да се гордее. Защото разнообразните начинания на членовете на СФБ обхващат широк кръг от дейности – като се започне от лекториите и популяризацията на физиката сред учители и ученици на сбирки, съдържащи информация за научни новости, интересни физични демонстрации и посещения в дните на Отворените врати във Физическите факултети на университетите и в институтите на БАН, и се завърши с организацията на общофизична Балканска конференция през 2000 г. и ежегодни конференции по въпроси на обучението по физика, семинари и други научни форуми по медицинска физика и сродни на физиката науки. Конгресът на СФБ представи на обществената сцена всъщност основните действащи лица в “пиесата” за физиката, които в продължение на 4-годишния мандат на досегашното ръководство на СФБ положиха искрени и безкористни усилия за повишаване на обществения авторитет на българската физика и привличането на млади хора, които да работят за нейното бъдеще.

Конгресът утвърди необходимите промени в устава на организацията и прие редица решения за бъдещата си работа. Бяха избрани почетни членове между физиците, допринесли най-много за дейността на СФБ. Избран бе и нов Управителен съвет, Централна контролна комисия и председател на редакционната колегия на сп. “Светът на физиката” – орган на СФБ, който през последните години се радва на нарастващ брой читатели. “Ти вдигна високо летвата, Иване!” – бе шеговитият възглас към досегашния председател на СФБ проф. дфн Ив. Лалов. За да изрази надеждата на всички присъстващи, че новият управителен съвет начело председателя проф. дфн М. Матеев ще я повдигне още по-високо с нов рекорд на участие и постижения, посветени на любимата физика.

Людмил Вацкичев

ПОЧЕТНИ ЧЛЕНОВЕ НА СФБ

На IV Конгрес на СФБ за почетни членове на Съюза бяха одобрени чрез гласуване следните колеги:

- Чл.кор. дфн Александър Иванов Держански – създател на научна школа по течни кристали и молекулна електроника, член на националния комитет на международното дружество по чиста и приложна биофизика.
- Анна Борисова Карапеткова – дългогодишна преподавателка в гимназията с преподаване на френски език, София. Активен член на УС на СФБ в продължение на 2 мандата и на Софийския му клон.
- Ст. н.с. II ст. д-р Васил Димитров Бакърджиев – активен член на ръководството на Софийския клон на СФБ. Основател и председател на Клуба на физиците.
- Венета Петкова Вановска – дългогодишна базова учителка по физика в 31 СУЧЕМ, София и носител на I клас-квалификация. Активен член на Ръководството на Софийския клон на СФБ.
- Доц. д-р Веселин Николов Буриев – основател на катедра Физика и ръководител на подготвителното отделение за чуждестранни студенти във ВХТИ – Бургас. Активен водещ в дейността на Бургаския клон на СФБ.
- Малинка Гераскова Хинова – дългогодишен преподавател в I-ва гимназия с преподаване на английски език, София. Активен член на УС на СФБ и на Ръководството на Софийския му клон.
- Ст.н.с. I ст. дфн Нъшан Охан Ахабабян – известен учен в областта на физиката на космическите лъчения и на високите енергии. Главен редактор на сп. “Светът на физиката” (печатният орган на СФБ).
- Доц. д-р Паскал Спиров Карталов – Декан и зам.-декан на Физическия факултет и ръководител на катедрата по Експериментална физика на Пловдивския университет. Активен член на Пловдивския клон на СФБ.
- Гл.ас. Роберт Курт Попиц – Преподавател по Медицинска физика и по Дозиметрия и лъчезащита. От 1997 до 2001 г. е заместник и председател на КИАЕМЦ. Един от основателите на Научното дружество по биомедицинска физика и техника и активен член на УС на СФБ.

УПРАВИТЕЛЕН СЪВЕТ на СФБ

Председател: Проф. дфн Матей Матеев

Зам.-председатели: Доц. д-р Илия Илиев, проф. дфн Николай Тончев и проф. дфн Соломон Салтиел

Изпълнителен секретар: Доц. д-р Цвятко Попов

Членове: Ст.н.с. д-р Ана Георгиева, доц. д-р Ани Пройкова, н.с. д-р Бияна Симеонова, доц. д-р Валери Голев, ст.н.с. I ст. дфн Васил Андреев, ст.н.с. д-р Диньо Динев, гл. ас. д-р Желязка Райкова-Бозова, ст.н.с. Кирил Благов, д-р Красимир Желев, Лидия Ласкова-Славова, доц. д-р Любомир Лазов, проф. дфн Людмил Вацкичев, Людмила Гогусева, ст.н.с. д-р Михаил Бушев, Пенка Лазарова, Росица Конова, Ружа Симеонова, доц. д-р Серафим Николов, Снежана Павлова и проф. дпн Христо Попов.

**Утвърдени размери на годишния членски внос за членство в СФБ
и размер на годишния абонамент за списание “Светът на физиката”**

	Членски внос	Абонамент
Пълен размер	5 лв.	8 лв.
При доходи под 200 лв./месец	3 лв.	4 лв.
За аспиранти и пенсионери	1 лв.	4 лв.

Важна обява

НАЦИОНАЛНИ КОНКУРСИ ПО ФИЗИКА

По предложение на СФБ Международната фондация

“Св. св. Кирил и Методий” учреди за шести път две награди на името на фондацията, които се присъждат на учители по физика:

1. **“За изключителни постижения при откриването и развитието на млади таланти”.**
2. **“За постижения при създаване на условия за най-подходяща учебна среда”**

Участниците в първия конкурс могат да бъдат индивидуални или колектив от учители, които подготвят ученици по физика. Представянето може да бъде направено от група членове на СФБ или от регионалните клонове на СФБ. Предложенията за награждаване трябва да съдържат:

- поименен списък на наградените през последните пет години ученици на национални и международни конкурси, година на награждаването, къде са наградени и на кое място са класирани;
- документи на национални и международни награди, признания и оценки за кандидата (кандидатите) за последните пет години;
- списък на приетите студенти по физика в университетите на страната;
- публикации на кандидата и на неговите ученици.

Наградата “За най-добри постижения при създаване на условия за най-подходяща учебна среда” ще се присъди на учител или на учители за постижения при създаване и развитие на материално-техническата база: кабинети, лаборатории, учебни комплекси, нагледни средства и др. в дадено средно училище. Представянето на участниците в конкурса може да бъде направено от самите кандидати, от група членове на СФБ, от регионалните клонове на СФБ. Предложенията за награждаване трябва да съдържат:

- кратки биографични данни и справка за професионалната педагогическа дейност на кандидата;
- описание на личния принос на кандидата за създаване на благоприятна среда за обучение по физика с доказателствен материал – фотоси, схеми и др.;
- информация за самостоятелните разработки за нагледни средства – дидактически и др. материали, а също и публикации по тях;
- официални отзиви и препоръки.

Предложения за участие в двата конкурса да се представят в срок до **15.04.2002** г. на адреса на Съюза на физиците в България:

София 1164, бул. “Джеймс Баучер” 5

Наградите са парични, стойността им ще бъде определена по-късно. Ще бъдат връчени от представители на Международната фондация “Св. Св. Кирил и Методий” на

XXX Национална конференция по въпросите на обучението по физика, която ще се проведе през месец май 2002 г. в гр.Пловдив.

Спечелилите една от двете награди на фондацията нямат право за участие в конкурсите до изтичане на 3 години от номинирането им.

проф. дфн **Матей Матеев**, председател на СФБ

XIV МЕЖДУНАРОДНА ШКОЛА ПО ФИЗИКА НА АТОМНОТО ЯДРО, НЕУТРОННА ФИЗИКА И ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА

XIV Международната школа по ядрена физика, неутронна физика и ядрена енергетика се проведе във Варна от 25 до 30 септември 2001 г. Школата е традиционно биенале, което се организира от ИЯИЯЕ към БАН и ФФ на СУ “Климент Охридски”. От поредният номер на школата се вижда, че това е едно мероприятия с дълга история. Първата школа беше организирана от проф. Ж. Желев в началото на 70-те години. По това време в България работеха само няколко хабилитирани ядрени физици и появилата се голяма група млади специалисти силно желаше, час по-скоро, да навлезе в дълбините на любимата наука. Още първите издания на школата успяха да привлекат като лектори големи авторитети в ядрената наука. Популярността на школата се увеличи дотолкова, че на българската колегия беше възложено да организира през три последователни години т.н. “Eurostudy conference”. Конференциите бяха проведени от 1985 до 1987 г. в курортния комплекс “Албена”.

Тазгодишната школа беше посветена на паметта на наскоро починалия изтъкнат български учен академик Венцеслав Андрейчев (1941-2001). Той пое ръководството на школата през 1989 г. и като дългогодишен неин директор и лектор има големи заслуги за нейното утвърждаване и популяризиране. Годишите след 90-та бяха трудни за школата поради проблеми от финансов характер. Акад. В. Андрейчев успя да преодолее възникналите трудности и последните школи се проведеха изключително успешно. Беше променена структурата на школата, като в момента тя съчетава статуса на международна конференция и на учебно мероприятие. Тези изменения привлякоха за участие повече чуждестранни учени, дават възможност на младежи от Западна Европа да участват в школата и, не на последно място, наши изявени специалисти могат да разкажат за постиженията на българската ядрена физика.



Академик Венцеслав Андрейчев (1941-2001),
Директор на Международната школа от 1980 до 1999г.

Провеждането на XIV Международна школа беше осигурено със спонсорството на Българското ядрено дружество и АЕЦ “Козлодуй”. Щедрата финансова подкрепа позволи в школата да участват над 50 млади специалисти, студенти и докторанти от България, САЩ, Западна Европа и някои Балкански страни. За изнасяне на тематично подбрани лекции бяха поканени водещи учени от големи международни и национални ядрени институти и университети в Европа, САЩ, Япония и Русия. Лекциите бяха концентрирани върху фундаментални и актуални проблеми на теоретичната и

експерименталната ядрена физика, и на ядрените технологии. За съжаление вандалските актове на 11 септември в САЩ попречиха лекторският състав да бъде още по-представителен.

Школата беше открита с доклад на председателя на Комисията по енергетика към Народното събрание доц. Веселин Близнаков – председател на Българското ядрено дружество. В доклада беше направен анализ на енергийната политика и на перспективите за развитие на ядрената енергетика в България при съвременната геополитическа ситуация.

Основната част от лекциите беше посветена на нови аспекти в изследването на ядрената материя - сложна съвкупност от взаимодействащи нуклони, която намира моделно описание като многочастична квантова система с характерни степени на свобода. Тук интересът е насочен преди всичко към границите на ядрената стабилност при увеличаване на температурата, внасяне на голям ъглов момент и създаване на системи, богати на протони или неутрони. От тези изследвания могат да се направят заключения за механизмите на промяна на средното поле в ядрото и свързаните с това изменения в конфигурацията и разположението на нуклонните слоеве и подслоеви, както и за взаимодействието на свързаните състояния с континуума. По тези направления се работи активно в най-големите лаборатории, каквито са GSI-Darmstadt, GANIL – Франция, Мичиганския университет, RIKEN (Япония). България е страна участник в международните институти ОИЯИ (Дубна) и ЦЕРН, където изброената по-горе тематика е широко застъпена. В институтите се инвестират огромни средства за построяване на нови ускорители и многодетекторни системи.

Терминът “екзотично” ядро се употребява за система от нуклони, която обикновено не съществува в природата. Такава система се получава изкуствено, в процеси, следващи определена ядрена реакция. Тези особености предопределят и свойствата на екзотичните ядра. Те обикновено са нестабилни, като много бързо се разпадат било чрез излъчване на частици, нуклонни кластери или просто изсветват излишната енергия чрез γ - или β -излъчване. Естествено е да се предположи, че в екзотичната ядрена система могат да се наблюдават явления, които не се проявяват в стабилните ядра. Информация за тези новости могат да се получат от масите на екзотичните ядра, а също от енергията необходима за откъсването на 2 неутрона от ядрото. На школата бяха показани резултати от моделни пресмятания на цитираните характеристики. Пресмятанията са извършени в рамките на алгебричен модел на ядрото. Интересно е също така каква е формата на екзотичното ядро в основното му състояние. Показано беше, че енергетически е възможно в едно и също ядро да съществуват до 3 различни форми – една сферична и две деформирани. Част от тези интересни резултати са получени в Института за ядрени изследвания.

Структурата на нисколежащите възбудени състояния в ядрата продължава да привлича вниманието на ядрената колегия. Преди около 15 години съществуваше полуофициално мнение, че тези състояния са изучени добре, главните компоненти на вълновите функции са определени с необходимата точност и съгласието между експерименталните данни и теоретичните пресмятания е перфектно. През последното десетилетие обаче, благодарение на развитието на методи, основани на използване на мощни многодетекторни системи, бяха изучени нисколежащи състояния, чиято структура показва наличието на нови симетрии в ядрената система. На школата бяха показани резултати по приложение на $E(5)$ динамическата симетрия, която удивително точно, без наличието на нови параметри, описва прехода от сферични към гама-меки ядра. Друга динамическа симетрия е $X(5)$ симетрията, използвана за връзка на сферични и аксиално деформирани ядра.

Голям интерес има към методите за описание на т.нар. състояния със смесена симетрия. Свойствата на тези нисколежащи състояния досега се описваха единствено чрез алгебрически подходи в рамките на динамическата симетрия $O(6)$. На школата беше прочетена лекция, в която беше показана голямата ефективност на микроскопските подходи, реализирани чрез слоестия и квазичастично-фононния модели на ядрото.

В теоретичната ядрена физика има разнообразие на подходи, които въпреки че използват различни начални представи за ядрото, водят до близки крайни резултати. Такива са например нерелативистките и релативистките модели на ядрото. Двата типа модели много добре описват основното състояние на ядрата и свойствата на нисколежащите състояния. Но връзката между тези два подхода не е добре изяснена. Показано беше например, че зависимостта на енергията от ядрената плътност се получава в нерелативистките подходи като резултат от многочастични корелации, докато в релативистките модели тази зависимост се симулира чрез релативистки ефекти. Различия има и по отношение на произхода на спин-орбиталното взаимодействие в ядрата. Показано беше, че в момента няма ясна представа как релативизма може да се свърже с основните постулати на нерелативистките модели. Този проблем може да стане основен, ако се търси единно описание на явленията, произтичащи в ядрата при ниски и високо енергии на възбуждане.

Няколко лекции разглеждаха проблеми свързани с описание на механизми на ядрените реакции. Представен беше модел за описание на преки многостъпкови реакции. Моделът описва процеси включващи до 3 стъпки и е приложен успешно в леки и средни ядра.

В областта на експерименталната ядрена физика през последните години се засили интересът към екзотични ядра далеч от линията на бета-стабилност. Предпоставка за това бе значителното усъвършенстване на ускорителите и детектиращите системи. Използването на радиоактивни йонни снопове се очертава като един от най-перспективните методи. Той дава възможност за изследване на ядра с голям излишък на неутрони, в които с помощта на високоефективни многодетекторни системи могат да се изучават редица интересни явления, като вариации на ядрената форма, съжителство на различни форми, интродерни състояния и др. Ядрените системи в екстремни състояния се изследват комплексно в краткото време на полет от мястото на реакцията до детекторите. Продуктите се разделят и идентифицират, като едновременно с това се регистрира съпровождащото гама-излъчване.

Прецизното измерване на ядрените маси е от фундаментално значение за ядренофизичните и астрофизични модели. Последните използват данни за стабилните ядра, но точността на пресмятанията би могла да се повиши значително, ако се включат данни за масите на екзотични ядра. За съответните измервания беше предложен нов метод, при който величината m/q се определя от времето на прелитане на радиоактивни йони, ускорявани едновременно за еднакъв брой обиколки в модифицирания циклотрон CSS2 на лабораторията в GANIL, Франция. За първи път е измерена масата на двойномагическото ядро ^{100}Sn , както и на изотопите ^{100}Cd и ^{100}In по отношение на ^{100}Ag . Постигната е точност съответно 10^{-5} , $2 \cdot 10^{-6}$ и $3 \cdot 10^{-6}$.

Друга интересна област са изомерните състояния в ядра с голям излишък на неутрони. При тези ядра енергията за отделяне на неутрон се намалява до няколко MeV; те са слабо свързани и могат да имат енергия на възбуждане близка до повърхността на Ферми. Изомерите се очаква да имат аналогични свойства на основните състояния на ядра, разположени близко до линията на неутронно откъсване. Тъй като изследването на тежки ядра близко до тази линия е изключително труден проблем при настоящето състояние на експерименталната техника, то предсказанията за тази област явления, като

промяната на взаимодействието на вдвояване или свързването на дискретни състояния със състояния от континуума, могат да бъдат изследвани при изомерите.

Една от станалите вече традиционни теми на школата е свързана с изследвания на ядра при високи енергии и ъглови моменти, където сложните взаимодействия между едночастични и колективни степени намират израз в нови слабо изследвани ефекти, като прекъсване на ротационните ивици при нарастване на спина, едновременно съществуване на ядрени форми с различна деформация, интродер състояния, магнитна ротация и др. Отделни лекции бяха посветени на измерване на времената на живот на състояния в магнитната ивица в ядрото ^{124}Xe и на търсенето на хирални ивици в четните изотопи на иридий с $A=186-190$. Появата на такива ивици се предсказва от модела с принудително въртене около наклонена ос.

Получаването на високоинтензивни гама-потоци през последните години доведе до своеобразен ренесанс на експериментите с фотоядрени реакции. Това направление се развива на ускорителния комплекс DYNAMITRON в Щутгарт, Германия, а в скоро време аналогични експерименти ще се провеждат и в комплекса ELBE в Изследователския център Росендорф, също в Германия. Тъй като механизмът на електромагнитните взаимодействия е добре известен, ядрената резонансна флуоресценция и фотоактивацията дават моделно независима информация за магнитните и електрически диполни възбуждания. Систематичното изследване на вероятностите за E1-преходите в редица ядра с Z и N близко до затворените нуклонни обвивки показва ролята на диполната поляризация на сърцевината при нискоенергетичните E1 преходи в сферични ядра. Явлението беше анализирано чрез "квазичастично-фононния" модел на атомното ядро, който е разработен в Дубна с участието на български специалисти. Тези резултатите са обобщени и публикувани в списанието Physics Letters B и тази публикация за голямо съжаление стана последния научен труд на академик Андрейчев.

Посредством фотоактивация на ^{115}In е изследвано изомерно състояние с период на полуразпадане $t_{1/2} \geq 10^{15}$ години в рядко срещания в природата изотоп ^{180}Ta . Нуклеосинтезата на този изотоп се извършва посредством т.нар. s-процес, за който ще стане дума по-късно. Установена е изненадващо рязко намаляване на периода на полуразпадане на изомера при звездни температури, съответстващи на s-процеса ($t_{1/2} = 8,1$ часа).

Отделни лекции бяха посветени на актуални проблеми на астрофизиката, като определяне сечението на реакцията $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$, използването на ^{176}Lu като звезден термометър, пресмятане на сечения на реакции на протонно залавяне.

Химическите елементи, които се срещат на Земята, с изключение на най-леките, са продукти на нуклеосинтеза - дълга поредица от ядрени реакции в Слънцето, и в предишни звездни генерации. Основният материал за тези реакции са водородът и хелият. По-голямата част от живота на звездите преминава в изгаряне на водорода и превръщането му в хелий. В по-късните стадии на еволюция, производството на енергия започва да се осъществява посредством изгарянето на хелиевите запаси във вътрешността на звездите. Основна в този процес се явява реакцията $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$. Сечението на тази реакция определя не само разпространението на въглерода и кислорода, но и разпространението на всички по-тежки елементи и е от фундаментално значение за астрофизиката. Изключително малката стойност на сечението ($\sigma_{300\text{keV}} \approx 10^{-17}$ барн), прави невъзможно прякото измерване при астрофизични енергии. За да се определи тази важна величина, е избран пътът на прецизно измерване при по-високи енергии и екстраполация до астрофизични енергии. В процеса на измерване се отчита влиянието на няколко промеждутъчни състояния, които се разреждат чрез E1 и E2 преходи. Техният принос може да се оцени експериментално чрез измерване на

ъгловото разпределение на γ -лъчите, като за целта се използва многодетекторна система. Докладвани бяха резултатите от първата серия експерименти, проведени в Института за лъчева физика на университета в Щутгарт. Предвижда се измерванията да обхванат целия интервал от енергии 0,8 - 8 MeV.

Синтезът на елементите, по-тежки от желязото, протича по пътя на два процеса: т.нар. s-процес (slow neutron capture – бавно неутронно залавяне) и r-процес (rapid neutron capture – бързо неутронно залавяне). При s-процеса ядрото поглъща само един неутрон и претърпява β -разпадане, преди да залови друг неутрон.

Изотопът ^{176}Lu се произвежда само чрез неутронно залавяне във вътрешността на звездите и тъй като неговото основно състояние има период на полуразпадане 36 милиарда години, то той изглежда особено подходящ за космически хронометър на s-процеса. В хода на изследванията, с помощта на кристалдифракционен спектрометър със свръхвисока разделителна способност, е прецизно измерена цялата схема на възбудените състояния на ^{176}Lu . На конструкцията и рекордните параметри на този уникален уред, работещ във високопоточния реактор в Института Лауе-Ланжвен в Гренобъл, Франция, бе отделено специално внимание. Свръхвисоката разделителна способност на кристалдифракционния спектрометър позволява да се анализират най-малки изменения във формата на гама-линиите, предизвикани от ефекта на Доплер. Последният намира приложение при метода GRID (Gamma-Ray Induced Doppler broadening), който позволява измерването на времена на живот във фемптосекундната област. На този метод беше посветена отделна лекция. Поради силната зависимост на процеса на образуване на ^{176}Lu , както и на следващия β -разпад, от температурата, изотопът не се оказва подходящ за звезден хронометър, но той може да бъде използван като чувствителен термометър. От експерименталните данни беше установено, че s-процесът протича при температура от 250 до 365 милиона градуса. Значително участие в тези изследвания имаше академик Андрейчев.

Измерването на сеченията на директен протонно залавяне е затруднено от наличието на късоживущи радиоактивни ядра във входния канал. Предложен беше нов метод за пресмятане на тези сечения, като се използват трансферни реакции с използване на споменатите по-горе радиоактивни снопове. Методът намира приложение за определяне на сеченията на реакции на залавяне от радиоактивни ядра, в частност за реакцията $^7\text{Be}(p,\gamma)^8\text{Be}$, която има съществен принос в производството на слънчевото неутрино.

Във важната област на неутронните данни беше представен модерният импулсен неутронен източник GELINA в Института за изследване на материали в Геел, Белгия. Този източник, който има висока разделителна способност и добра светлосила, се използва за получаване на прецизни данни по неутронна трансмисия и за измервания на неутронни енергии по време на прелитане. Обогащаването и прецизирането на банките с неутронни данни е от голямо значение при проектиране на ядрени реактори, както и за астрофизиката.

Освен с фундаментални научни проблеми лекторите, ръководители на отдели и лаборатории във водещи международни и национални ядрени институти, като ЦЕРН, ОИЯИ-Дубна, Института Лауе-Ланжвен и др., запознаха участниците с нови проекти и установки, които ще определят в голяма степен насоката на изследванията през следващите години.

Между представените приложни направления интерес предизвика използването на мъхове и лишеи за контрол на замърсяването на атмосферата с тежки метали. Мъховете и лишеите, чиито вид и възраст лесно могат да се определят, служат като своеобразни натрупващи филтри. Пробите се активират с епитермални неутрони на снопа на импулсния реактор ИБР-2 на Лабораторията по неутронна физика на ОИЯИ-

Дубна. С помощта на неутронноактивационен анализ е определено количественото съдържание на около 40 елемента в проби от замърсени и отдалечени райони. В рамките на проекта РЕГАТА, с подкрепата на МААЕ-Виена, са проведени измервания в Централна Русия, Южен Урал, полуостров Кола, България, Полша Румъния, Югославия, Словакия, Чешката република и Южна Корея.

Значително място бе отделено на доклади и дискусии, отнасящи се до повишаване на ядрената безопасност в АЕЦ-Козлудуй.

От експерти на “Енергопроект” беше представен актуализиран проект за реконструкция на експерименталния ядрен реактор на ИЯИЯЕ. Предвижда се реакторът да работи на малка мощност. Пресметнатият неутронен поток ще дава възможност за провеждане на основни експерименти за обучение на студенти, докторанти и на персонала от АЕЦ “Козлудуй”.

Представеният на школата широк спектър от тематики говори за голямата активност на българската ядрена колегия. Ако направим едно сантиментално връщане назад, в годините на първите школи, то на традиционните банкети гостите произнасяха тостове с куртоазни пожелания за очакваните бъдещи успехи на българската ядрена физика. Сега без всякакви заобикалки се отправяха предложения за участие в конкретни проекти. Очевидно времето лети бързо, но за щастие в някои случаи и полезно.

Чавдар Стоянов и Христо Протохристов

СТРАТЕГИЧЕСКИ НАСОКИ В ДЕЙНОСТТА НА ЕВРОПЕЙСКИЯ СЪЮЗ НА ФИЗИЦИТЕ (ЕСФ)

(На 4-ия Конгрес на СФБ Президентът на ЕСФ проф. Марсиал Дюклоа произнесе приветствено слово. Основните идеи на това слово се съдържат в публикациите на проф. Дюклоа в списанието на ЕСФ *Europhysics News*, **32**, No 3 & No 5, 2001. Към превода на части от тези материали прибавяме илюстративните текстове от словото на проф. Дюклоа. - Бел. ред.)



Проф. Марсиал Дюклоа предлага 2005 г. да бъде световна година на физиката

1. Европейският Съюз на физиците и неговите задачи

Европейският Съюз на физиците (ЕСФ) е автономна организация, представляваща обединение на 38 национални съюза на физиците от европейски страни, на отделни физици, на изследователски институции и производствени звена. ЕСФ представлява около 80 000 европейски физици и обхваща практически всички области на физиката.

ЕСФ е единствената организация на европейско ниво, която обединява и представя физиците, работещи в изследователски групи, в промишлеността, в образованието и в обществените сектори.

Основните насоки в дейността на ЕСФ са очертани от Стратегическия план, одобрен от Съвета на ЕСФ през март 2001 г. Те обхващат: изследователски теми, професионална дейност, образование по физика, сътрудничество Изток - Запад, разпространение на информация и запознаване на обществеността с различни аспекти на физиката.

В рамките на физическата общност дейността на ЕСФ включва издаването на научни списания, организирането на международни конференции и школи по физика, както и учредяването на награди за значителни постижения в областта на физиката. Вън от физическата общност ЕСФ играе основна роля за изтъкване значението на физическите науки и за широкото им популяризиране.

Какво е Европейският Съюз на физиците?

* ЕСФ е организация с идеална цел, чиято основна задача е да съдейства за развитието на физиката и да подпомага физиците от Европа.

- ЕСФ обезпечава международен форум за обсъждане на въпроси както на науката, така и на научната политика, интересувачи неговите членове.

Изпълнителен Комитет на ЕСФ

Президент: Марсиал Дюклоа, Франция;

Заместник-президент: П. А. Линдгард, Дания; Секретар: Кр. Росел, Швейцария;

Заместник-секретар: Р. Сосновски, Полша;

Касиер: П. Райнекер, Германия; Заместник-касиер: М. Алегрини, Италия;

Членове: Д. Браун, Великобритания; Г. Делгадо Барио, Испания; К. Гемерс, Холандия; Д. Крупа, Словакия и Кр. Зерефос, Гърция.

* ЕСФ е представител на около 80 000 свои члена от 38 страни-членки, както и на повече от 3500 индивидуални членове.

* Асоциирани членове на ЕСФ са също промишлени изследователски центрове, академични и други изследователски институти.

СЕКЦИИ И ГРУПИ В ЕСФ

Секции и подсекции

Астрофизика: Физика на гравитацията и Физика на Слънцето;

Атомна и молекулна физика: Атомна спектроскопия, Химическа физика, Електронни и атомни сътолкновения и Молекулна физика;

Кондензирана материя: Електрични и оптични свойства на твърдите тела, Течности, Физика на ниските температури, Физика на макромолекулите, Магнетизъм, Полупроводници и изолатори, Структурни и динамични свойства на твърдите тела и Повърхности и интерфейси;

Физика на високите енергии и елементарните частици

Ядрена физика

Обучение по физика: Доуниверситетско и Университетско;

Физика на плазмата

Квантова електроника и оптика

Статистическа и нелинейна физика

Групи

Ускорители; Изчислителна физика, Физика за развитието, Контролни системи в експерименталната физика, История на физиката и Технологии.

ПРОГРАМА ЗА ДЕЙСТВИЕ И СТРАТЕГИЯ

Представена на Съвета на ЕСФ през март 2001 г., програмата за действие на ЕСФ има за цел:

1. Да определи насоките на дейност:

- * Повишаване равнището на науката в Европа;
- * Научен обмен между Изтока и Запада;
- * Осъществяване на връзките във физическата общност;
- * Физика и промишленост;
- * Физика и образование.

2. Създаване на структурите, необходими за осъществяването на поставените цели;

3. Отпускане на средства и най-рационалното им използване.

Разпространението на физическите знания трябва да се осъществява на всички равнища на обучението (училищно, доуниверситетско, университетско). То трябва да подчертава ролята на физиката като “инкубатор” на нови дисциплини в инженерството и технологията. В тази насока от важно значение е взетото през декември 2000 г. решение на Изпълнителния комитет годината 2005 да бъде “Световна година на физиката” - в чест на 100-годишния юбилей на знаменитите публикации на Айнщайн по относителност и фотони. През следващите години този проект ще мобилизира усилията на ЕСФ и неговите органи, на националните съюзи на физиците както в

Европа, така и в други страни на света. Това ще означава геостратегически подход, създаване на Инициативен комитет и сътрудничество със страни от целия свят (особено от Африка и Южна Америка).

Предложение на ЕСФ: 2005 г. - СВЕТОВНА ГОДИНА НА ФИЗИКАТА (СГФ)

Кои биха могли да бъдат главните цели на Световната година на физиката?

- Разпространение на физическите знания и усиление на обществения интерес към физиката;
- Обучение по физика;
- Физиката като основа на много други науки и като инкубатор на нови научни и технически области;
- Големите предизвикателства пред физиката през 21 век.

Примерен план за дейности във връзка със СГФ

- Местни и подвижни изложби за постиженията на физиката;
- Местни прояви, демонстриращи ролята на физиката в ежедневието и в културния живот;
- Инициативи в училища, в национални и други изследователски лаборатории;
- Интердисциплинни конференции, семинари, симпозиуми (математика, химия, биология ...);
- Сътрудничество с местната промишленост, технологични паркове и др.;
- Рекламни материали за СГФ: статии във вестници и в специализирани списания, постери на публични места и в транспортни средства, емисии на специални марки и т.н.;
- Специален отличителен знак;
- Специални програми по националните и местните TV и радиостанции;
- Публикации в *Europhysics News* и в бюлетините на националните съюзи на физиците;
- Откриване на страници в Internet с информация за СГФ;
- Една от най-ярките прояви по повод СГФ 2005 г. би могла да бъде 13-та Генерална конференция на ЕСФ - ЕСФ 13, която се предполага да е състои в Берн или Цюрих, където Айнщайн е работил през 1905 г.

В заключение се отправя апел към всички членове на ЕСФ на международно, национално и индивидуално равнище да активизират сътрудничеството си с ЕСФ по всеки от горните показатели.

Съставителство и превод: **М. Бушев**

Когато се наливаха основите: "Българският принос в математиката, физиката и химията" (1889 - 1939)



Група колеги - аматьори (в тази област) - нека веднага ги назовем с признателност: Д. Христов, В. Тодоров, Е. Бранкова, В. Тенева, С. Златева, Е. Добрева, Ц. Бузова, М. Апостолова, Х. Дарева, Р. Радков - но въоръжени с ентузиазъм и родолюбиви чувства, с професионална вещина са съставили, издали (със собствени средства!) и сами разпространяват (!) тази "реферативна библиография и количествени изследвания" за научните публикации в споменатите области на естествознанието за началния половинвековен период, когато са се полагали основите на съвременните научни изследвания у нас. Наистина твърде късно (в сравнение с началото на европейското естествознание) - края на 19-ти и началото на 20-ти век.

И така: "... раменете, върху които сме стъпили ..." (И. Нютон) - Н. Обрешков, К. Попов, Л. Чакалов, Н. Бонев, Г. Манев, И. Ценов, Р. Зайков, Б. Долапчиев, А. Стоянов (математика и граничните ѝ области); Д. Баларев, П. Бахметиев, И. Странски, Г. Наджаков, Р. Каишев, (физика и граничните ѝ области); П. Райков, Д. Баларев, З. Караогланов, Д. Иванов, И. Странски, А. Златаров, Б. Загорчев (химия и граничните ѝ области) - за да споменем само имената на първите няколко от 110-те изброени автори в книгата (според класификацията в таблици 3, 13, 22). Моето поколение имаше възможност да слуша лекции на някои от тях, други да среща със страхопочитание в коридорите на университета или на улицата. Следващите поколения само са чували за тях. Идващите поколения трябва да знаят за тях.

Книгата се основава на библиометричен анализ на научните публикации на българските учени през този период. Колкото и формални да са количествените характеристики на един такъв анализ, съвсем ясно е, че научните изследвания, провеждани у нас, и получените резултати стават известни на европейската и световна научна общественост само ако са публикувани в реферирани списания. И така: 978

такива научни публикации на 110 изброени учени за споменатия период от 50 години. Нека веднага отбележим една характерна особеност на научните изследвания у нас по това време: те се извършват основно в лабораториите и катедрите на Софийския университет; през този период, въпреки съизмеримото си по време съществуване, БАН няма собствени лаборатории и изследователски институции, но пък, от 137 щатни служители на физико-математическия факултет (на които се дължи основната част на споменатата научна продукция) 34, явно най-изявените, са избрани за членове на БАН.

В справочника са представени много информативни данни - като се почне от списък на публикациите по научни раздели и авторски показалец, списания, в които са публикувани статиите, и списания, в които са реферирани тези публикации, разпределения на публикациите по години и много други - общо 44 таблици. Любопытният читател, който се интересува от такава материя, може да намери много материал за размисъл - и това е ценността на такъв род изследвания. Разбира се количествените наукометрични характеристики са само едната страна - необходима, но не достатъчна, - от анализа на научноизследователската дейност за дадена страна, определен период и научна област. Всяка творческа дейност е дело на индивидуалности и личности, които освен с конкретните си научни приноси, са оставили и неформални следи в националната култура. Следата ... някои остават самотни и забравени; повечето имат по един или двама ученици; школи ... За съжаление, трудно е в българската наука да се говори за такова явление, обосновано и в пълния смисъл на тази дума. Но, безспорно, това са личностите, които са били част от интелектуалната физиономия на нашата страна по онова време.

А аз няма да престана, при всеки удобен случай, да цитирам моя кумир в науката - великия Нилс Бор, - който разпространява изказания от него принцип на допълнителността и върху подобни случаи: "Когато сложиш ръката си на плуга, не се обръщай назад (за да не позволиш миналото да те подтисне и да ти пречи), но ... обръщай се и назад (за да не забравиш откъде си тръгнал и да не изкривиш браздата)".

* * *

П.П. Този отзив, написан преди близо две години, беше предложен (и приет) от сп. "Природа". С дълбоко прискърбие трябва да съобщим, че (и) това списание изпадна в дълбока кома и въпреки плахите усилия да се върне към живот, издъхна на реанимационната маса ... За съжаление такава е съдбата на това единствено научно-популярно издание на Българската Академия на науките, с над 100-годишна история (първата му книжка излиза през 1893 г.!). Трудно е, пък не е тук и сега мястото да анализираме причините за това. Но безспорно е, че отговорността (не казвам вината) е на ръководството на БАН. Да се надяваме, че и то ще има грижата да го възкреси и да му вдъхне нов живот ... Затова стават още по-похвални усилията на шепа ентусиасти да издават справочници като рецензирания по-горе. А защо и да не си го кажем – и значението на списание като нашето ...

Нъшан Ахабабян

ПРОФЕСОР ВАСИЛ МЕТЕВ НА 70 ГОДИНИ



Проф. Васил Метев е роден в София на 8 октомври 1931 г. Произхожда от семейство на български интелектуалци. Прадядото на проф. Метев е Никола Аврамов. Той е един от видните граждани на Калофер, участник в четата на Филип Тотю. След унищожаването на четата става търговец в Цариград - 1876 г. Дядото, на когото е кръстен проф. Метев е Васил Аврамов. Той завършва Юридическия факултет на Софийския университет. Става началник на Ипотечния отдел при Българска народна банка, а по-късно прокурор, Председател на окръжни съдилища и адвокат. Баща на професора е известният художник Никола Аврамов (1897 - 1945), а майка му е Мария Щъркелова. Има брат и сестра, които са известни български музиканти. Фамилията си Метев получава от своята осиновителка - леля му Дора Метева (по баща Аврамова) и Лалю Метев Чехларов от Габрово. Лалю Чехларов е единственият българин с четири висши образования. Първото му висше образование е Френска и немска филология в Женева – 1903-04 г. Второто е Философия в Загребския университет. Третото и четвъртото висши образования са Славянска филология и Право в Софийския университет. След това става фабрикант и е един от най-богатите хора в страната до войната. Дора Метева е учителка по български език в Първа девическа гимназия в София, поетеса, писателка и преводачка на повече от триста книги и двеста филма. Настояниците на проф. Метев оказват силно въздействие върху формирането на цялостния му характер.

Васил Метев още от малък е насочен да изучава чужди езици и завършва Американско основно училище в Симеоново. По същото време желанията за музикално или филологическо поприще (следвайки семейната традиция) се провалят поради липса на необходимите дарби, а надделяват природо-математическите му наклонности и способности. Ориентация към физика и математика получава в Първа мъжка гимназия в София под въздействието на изтъкнатия учител Димитър Марков - един от доайените на българската методика на физиката. През 1949 г. Васил Метев става студент в СУ по физика. Тук получава големия си шанс да бъде обучаван от редица наши изтъкнати учени - академици, които го изграждат като бъдещ специалист. Това са: Христо Христов, Георги Наджаков, Милко Борисов, Никола Бонев и др.

След като завършва Физико-математическия факултет през 1953 г. започва работа като преподавател във Втора гимназия в кв. Лозенец. Той е единственият български образец учител по физика в Пето училище в кв. Павлово.

Научната си кариера започва, когато през 1960 г. спечелва конкурс за научен сътрудник в Педагогическия институт на БАН с директор академик Сава Гановски. Още от самото начало на научната си дейност той се очертава като перспективен учен с широки научни интереси. През 1971 г. се хабилитира като ст.н.с. II ст. към същия институт.

Ст.н.с. Васил Метев, заедно с проф. Дечо Денев, проф. Борис Янев, проф. Иван Пеев, ст.н.с. Петър Милев, доц. Кирил Чимев, доц. Александър Маджаров и тринадесет асистента са основателите на филиала на СУ в Благоевград, сега ЮЗУ "Н. Рилски". За пръв ректор е избран доц. Маджаров. От 1980 г. Васил Метев е избран за доцент и редовен преподавател във ВПИ - Благоевград. Два мандата ръководи най-голямата

катедра Педагогика на трудово-политехническата подготовка. В продължение на седем години е зам.-декан на Трудово-политехническият факултет - последователно по учебната и изследователската работа. След реформиране на факултета той е ръководител на катедра Методика на обучението и история на природните науки. През 1994 г. е избран за професор. Чете лекции по Методика на решаване на задачи по физика, История на физиката и Философски проблеми на физиката на студенти от специалностите Физика, Математика, Физика и химия и Химия и физика. Основната му дисциплина е Учебно-технически средства, която чете на всички педагогически специалности: Начална педагогика, Предучилищна педагогика, Социална педагогика, Педагогика на трудово-политехническата подготовка. Дисциплините Методология на педагогическите изследвания, Иновации в икономиката и Физически фактори на околната среда са за студентите от Икономическия факултет, Медико-педагогическия и Факултета по изкуствата.

Международните му прояви са твърде много. Бил е над 300 пъти в чужбина като експерт на ЮНЕСКО. Той е първият Р-4 (фул професор) на ЮНЕСКО от бившите социалистически страни.

Избиран е за професор и е чел лекции във Варшавския университет, Университета в Гжегов, ЛГПИ - Ленинград, Будапеща, Балатон, Букурещ, Берлин, Ситард (Холандия) и Брага (Португалия).

Международни признания и признания у нас са:

- Член-кореспондент на Международната информатизационна академия към ООН, 17.04.1996 г.;
- На 10.09.1996 г. в Москва пет академика го избират за Физик на XXI век;
- Академик на Световната университетска академия "Плото" - 20.02.2001 г.;
- Награда от Балканската асоциация за нови технологии, мениджмънт и екология - май 1996 г.
- Носител на орден "Св. Св. Кирил и Методий" I степен, 1974г.;
- Награда за най-значим труд по педагогика за 1986 г. от РНМЦТПО;
- Член за два мандата на Висшия учебен съвет (1957 - 1965);
- Член и Председател на Национална комисия по изготвяне на учебни програми по физика за ЕСПУ (1960 - 1980);
- Член и Председател на Национални педагогически четения (1960 - 1980);
- Член на Академичния съвет на ЮЗУ - Благоевград от създаването му до 2000 г.;
- Научен секретар на Научния съвет към Педагогическия институт на БАН за избор на старши научни сътрудници и професори.

Професор Метев владее три езика - английски, немски и руски. Има научно-педагогически стаж 48 години. Преподавал е в ЮЗУ на повече от 12 000 студента, бил е ръководител на близо 350 дипломни работи. Ръководител е на трима докторанта (редовна форма на обучение) и петима - задочна форма.

Той е бил рецензент при избора на осем професори, на дванадесет доцента и на петнадесет докторанта.

Два мандата е бил Председател на Съюза на учените - клон Благоевград.

На 13.10.2001 г. в Националния институт по образование бе честван седемдесет годишният юбилей на проф. Метев.

Райка Стоянова, Гергана Стефанова, Георги Чингов

**Член кор. Проф. ДИМИТЪР СТОЯНОВ, дфмн
(1935 – 2002)**

След продължително боледуване, на 14 януари 2002 г., почина професор Димитър Стоянов, известен наш физик-теоретик, ръководител на сектор в ИЯИЕ при БАН. Той е роден на 6.10.1935 г. в Пловдив, където завършва средното си образование, а през 1959 г. завършва Физическия Факултет на СУ и е назначен за младши научен сътрудник в секция “Теоретична физика” на ФИ с АНЕБ при БАН. През 1963 г. е изпратен на специализация в ОИЯИ- Дубна, СССР, където през 1968 г. защитава кандидатска дисертация на тема “Вопросы релятивисткой теории многих тел”, а през 1973 г. - докторска дисертация на тема “Факторизация $SL(2,R)$ -симметричных дуальных амплитуд”. След завръщането си в България е избран за ст.н.с. II ст. в ИЯИЕ, а през 1982 г. - за професор. През 1997 г. бе избран за член кореспондент на БАН.

Основните научно-изследователски приноси на проф. Стоянов са в областта на теорията на елементарните частици. Основополагащи са първите му изследвания по релятивистката задача за три тела в квантовата теория на полето. Резултатите от тези изследвания са пренесени в областта на квази-потенциалния подход и за кварковата структура на адроните, провеждани от групата, под ръководството на акад. Н. Н. Боголюбов в ОИЯИ, Дубна. По-късно Д. Стоянов се насочва към областта на групово-теоретични и алгебрични методи в теорията на елементарните частици. Фундаментални са резултатите му в теорията на дуално-резонансните модели на амплитудите на разсейване, за ролята на безкрайномерните представяния на групата $SL(2,R)$, свойствата на дуалност и дуалните правила за сумите на амплитудите на разсейване. Тези му изследвания са свързани и със заниманията му в областта на суперсиметриите и суперконформната алгебра. Друг цикъл от работи, провеждани под ръководството на Д. Стоянов и получили широк международен резонанс, са свързани с теорията на двумерните безмасови скаларни полета и с модела на Тиринг, в които са изследвани топологичните заряди, спонтанното нарушение, бозонизацията и нестандартните представяния на групите на Лоренц и двумерната конформна група. По-късно тази методика е приложена в областта на квантовата електродинамика, при което е разрешен парадоксът с надлъжността на фотонната двуточкова функция и е намерено конформно-инвариантно калибровъчно условие за фотонното поле. През последните години научните занимания на Д. Стоянов бяха в областта на геометричните подходи при описание на процесите на елементарните частици, различните симетрии за получаване на точни решения на съществено нелинейни динамични уравнения, кватерионната аналитичност и безкрайномерните алгебри на Ли. Тези изследвания са публикувани в близо 80 научни публикации в най-реномирани чуждестранни списания, докладвани на международни форуми, лекции на школи и др. Под ръководството на проф. Стоянов са защитени седем кандидатски дисертации и 12 дипломни работи.

Проф. Д. Стоянов имаше активна преподавателска дейност. Повече от десет години четеше курсове по Квантова теория на полето и по Групови методи в теорията на елементарните частици във Физическия факултет на СУ, както и основния курс по Математични методи в Шуменския Педагогически Университет. Дълги години е бил член на Научния Съвет на ИЯИЕ, на Специализирания Научен Съвет по Ядрена Физика към ВАК, заместник-председател на Комисията по физика към ВАК, председател на Комисията по Физика на Националния Фонд за научни изследвания. Гостувал е в Международния Център по Теоретична физика в Триест, в Техническия Университет в Клаустал и др.

Но освен забележителен учен Митко Стоянов беше и изключителна личност. Всички, които го познаваха, имаха удоволствието да бъдат неговии приятели или

сътрудници, никога няма да забравят неговото голямо и честно сърце и всеотдайна душа. Загубихме един голям учен, прекрасен човек и искрен приятел.

Светла му памет!

На 8 януари 2002 г. почина почетният член на СФБ

Доц. СТАЙКА ДИМИТРОВА

(1923 – 2002)

Дългогодишен преподавател и ръководител на катедрата по Обща физика във Физическия факултет на Софийския университет, доц. Ст. Димитрова бе сред най-активните членове на Съюза на физиците в България (СФБ). Като член на Управителния съвет на СФБ тя участваше дейно в организацията на конференциите по физика. С нейната смърт физичната колегия загуби един отговорен и инициативен представител, който не жалеше сили за обществена дейност в полза на българската физика.

Поклон пред светлата ѝ памет!

четиво с продължение

КОПЕНХАГЕН

Майкъл Фрейн *

Пиеса в две действия, играна за пръв път на 21 май 1998 г.

в Роял нейшънъл тиътър, Лондон

Част 1

Действие първо

Маргрет (Бор) - Но защо?

(Нилс) Бор - Още ли мислиш за това?

Маргрет - Защо е дошъл в Копенхаген?

Бор - Скъпа, какво значение има това, след като вече и тримата сме мъртви?

Маргрет - Някои въпроси остават да звучат, дълго след като техните автори са си отишли. Носят се като духове. Търсят своите отговори, които никога не са могли да получат приживе.

Бор - Някои въпроси остават без отговори.

Маргрет - Защо е дошъл? Какво се опитваше да ти каже?

Бор - Той обясни по-късно.

Маргрет - Той обясняваше отново и отново. Колкото повече обясняваше, толкова нещата ставаха по-неясни.

Бор - Като си помислиш, трябва да е било много просто: искал е да си поговорим.

Маргрет - Да си поговори? Със свой враг? В разгара на войната?

Бор - Маргрет, скъпа, ние едва ли бяхме негови врагове.

Маргрет - Беше 1941 година!

Бор - Хайзенберг беше един от най-старите ни приятели.

Маргрет - Хайзенберг е германец. Ние сме датчани. Ние бяхме под немска окупация.

Бор - Това наистина ни поставяше в трудно положение.

Маргрет - Никога не съм те виждала така разгневен на някого, както разгневен беше на Хайзенберг онази нощ.

Бор - Не мога да отрека, но вярвам, че все пак успях да запазя спокойствие.

Маргрет - Познавам, когато си разгневен.

Бор - На него му беше така трудно, както беше и на нас.

Маргрет - Но защо той постъпи така? Сега вече никой не може да пострада, никой не може да бъде предаден.

Бор - Съмнявам се дали и той самият е разбирал защо постъпва така.

Маргрет - Той не беше наш приятел. Не и след това посещение. Това беше краят на прочутата дружба между Нилс Бор и Вернер Хайзенберг.

Хайзенберг - Сега ние всички сме мъртви, няма ни на света и светът ще си спомня за мен само две неща. Едното е принципът на неопределеността, а другото е моето загадъчно посещение при Нилс Бор в Копенхаген през 1941 г. Всеки разбира неопределеността. Или си мисли, че разбира. Но никой не разбира моето пътуване до Копенхаген. Обяснявал съм го толкова много пъти. На самия Бор и на Маргрет. На следователи и на офицери от

* Редакцията изразява благодарност на проф. Д. Съслов и на акад. И. Тодоров за съдействието при набавянето на текста на тази пиеса.

четиво с продължение

контраразузнаването, на журналисти и историци. Колкото повече обяснявах, толкова повече се задълбочаваше неопределеността. Е, с удоволствие ще направя още един опит. Сега ние всички сме мъртви, отишли сме си. Вече никой не може да пострада, вече никой не може да бъде предаден.

Маргрет - Знаеш ли, той никога не ми е бил напълно симпатичен. Сега навярно мога да ти кажа това.

Бор - Не е така, ти го харесваше. Спомни си неговото първо идване тук през двадесетте години. Разбира се, че го харесваше. Когато беше заедно с нас и момчетата на брега при Тисвилде? Тогава той беше като член на семейството ни.

Маргрет - Не, дори тогава нещо ме възпираше да го приемам като близък.

Бор - Толкова бърз и стремителен.

Маргрет - Прекалено бърз. Прекалено стремителен.

Бор - Тези блестящи наблюдателни очи.

Маргрет - Прекалено блестящи. Прекалено наблюдателни.

Бор - Той беше много голям физик. Никога не съм бил на друго мнение.

Маргрет - Те всички бяха много добри, всички, които идваха в Копенхаген да работят с тебе. По едно или друго време при теб бяха повечето от големите изследователи в атомната теория.

Бор - И колкото повече се вглеждам в онези времена, толкова повече се убеждавам, че Хайзенберг беше най-великият от тях.

Хайзенберг - А какъв беше Бор? Той беше първият измежду всички нас, бащата на всички нас. Съвременната атомна физика възникна, когато Бор стигна до идеята, че квантовата теория е валидна и за веществото, така като е валидна за енергията. 1913 година. Всичко, което ние правехме, беше основано върху тази негова проникновена идея.

Бор - Като си помисля само, че той дойде тук да работи с мен през 1924 година ...

Хайзенберг - Бях току-що завършил доктората си, а Бор беше най-прочутият в света атомен физик.

Бор - ... и само за една година създаде квантовата механика.

Маргрет - Тя се роди от съвместната му работа с теб.

Бор - В по-голямата си част от това, с което са се занимавали заедно с Макс Борн и Паскуал Йордан в Гьотинген. След още година и нещо той стигна до неопределеността.

Маргрет - Но пък ти беше развил допълнителността.

Бор - Ние непрестанно обсъждахме и двете.

Хайзенберг - Най-добрите си работи ние извършихме съвместно.

Бор - Обикновено Хайзенберг показваше пътя.

Хайзенберг - Бор разкриваше смисъла на всичко.

Бор - Действахме подобно на производствено звено.

Хайзенберг - С председател и управляващ директор.

Маргрет - Баща и син.

Хайзенберг - Семейен бизнес.

Маргрет - Макар че имахме свои собствени синове.

Бор - И ние продължихме да работим заедно още дълго време, след като той вече не беше мой асистент.

Хайзенберг - Още дълго след като бях напуснал Копенхаген през 1927 г. и бях се завърнал в Германия. Дълго след като бях се сдобил със собствена катедра в университета и със собствено семейство.

Маргрет - Тогава на власт дойдоха нацистите ...

Бор - И започна да става все по-трудно. А когато избухна войната - невъзможно. До онзи ден през 1941 година.

Маргрет - Когато завинаги беше сложен край на това.

Бор - Да. Защо все пак той постъпи така?

Хайзенберг - Септември 1941 г. В продължение на години все си мислех, че е било октомври.

Маргрет - Септември. Краят на септември.

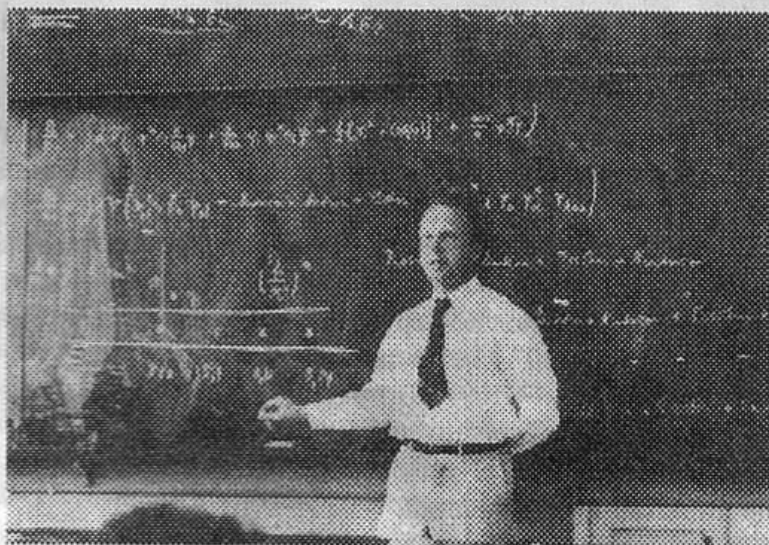
Бор - Любопитен дневник е паметта.

Хайзенберг - Разтваряш страниците му и акуратно подредените записи се разсипват около теб.

Бор - Пристъпваш през страниците в самите месеци и дни.

Маргрет - Миналото се превръща в настояще в главата ти.

Хайзенберг - Септември 1941 година, Копенхаген ... И изведнъж - ето ме тук, слизам от нощния влак от Берлин заедно с моя колега Карл фон Вайцекер. Два прости цивилни костюма и шлифера между всичките сивкави униформи на Вермахта, пристигащи заедно с нас, всичките морски униформи със златисти шевици, всичките безупречно съшити черни униформи на есесовците. В чантата ми е текстът на лекцията, която ще изнеса. А в главата ми са друг вид сведения, които ще трябва да предам. Лекцията е по астрофизика. Текстът в главата ми е по-труден.



Вернер Хайзенберг

Бор - Очевидно няма да можем да идем на лекцията.

Маргрет - Няма, ако я изнася в Германския Културен Център - това е нацистка пропагандна организация.

Бор - Той е длъжен да знае нашето отношение към тези неща.

Хайзенберг - Вайцекер беше моят Йоан Кръстител, той написа на Бор, за да го предупреди за моето пристигане.

Маргрет - С теб ли иска да се срещне той?

Бор - Предполагам, че затова е дошъл.

Хайзенберг - Но как на практика може да се уреди срещата с Бор?

Маргрет - Той вероятно има да каже нещо извънредно важно.

Хайзенберг - Тя трябва да изглежда естествена. Но заедно с това трябва да е поверителна.

Маргрет - Нали не смяташ да го поканиш у дома?

Бор - Очевидно той се надява на това.

Маргрет - Нилс! Те окупираха нашата страна!

Бор - Той не е те.

Маргрет - Той е един от тях.

Хайзенберг - Най-напред ще има официално посещение в работното място на Бор, Института за Теоретична Физика, с неособено изискан обяд в познатия стар бюфет. Разбира се, няма как да проведе разговора с Бор. А дали той изобщо ще присъства? Там са Розентал ... Петерсен, предполагам ... Кристиан Мьолер, почти със сигурност ... Прилича на сън. Не можеш по никакъв начин да фиксираш точните подробности на сцената около тебе. Начело на масата - Бор ли е това? Вглеждам се и това е Бор, после е Розентал, после е Мьолер - всеки, когото аз пожелавам да видя ... Все пак тежък случай - спомням си това достатъчно ясно.

Бор - Беше същинско бедствие. Впечатлението от него беше твърде лошо. Окупацията на Дания била лош късмет. Окупацията на Полша обаче била напълно приемлива. Германия щяла със сигурност да спечели войната.

Хайзенберг - Нашите танкове са почти в Москва. Какво може да ни спре? А да, едно нещо, може би. Едно нещо.

Бор - Той, разбира се, знае, че го наблюдават. Това не бива да се забравя. Той трябва да внимава какво говори.

Маргрет - Иначе няма да му разрешат повече да пътува в чужбина.

Бор - Скъпа, Гестапо инсталира микрофони в дома му. Казал е това на Гудсмит, когато беше в Америка. СС го извиква за разпит в подземията на улица "Принц Албрехт".

Маргрет - И след това са го пуснали.

Хайзенберг - Не знам дали биха могли само за миг да си представят колко мъчително беше да получи разрешението за това пътуване. Унизителните молби към Партията, усилията на наши приятели да използват връзките си във Външното министерство.

Маргрет - Как изглеждаше той? Много ли се е променил?

Бор - Малко поостарял.

Маргрет - Все още мисля за него като за момче.

Бор - Той е почти на четиридесет. Професор на средна възраст, бързо ни настига.

Маргрет - Още ли искаш да го поканиш тук?

Бор - Нека разгледаме аргументите за и против по подходящ научен начин. Първо, Хайзенберг е приятел ...

Маргрет - Първо, Хайзенберг е германец.

Бор - Бял еврей. Така го наричаха нацистите. Той преподаваше теория на относителността, а те я наричат "еврейска физика". Той не може да назовава името на Айнщайн, но твърдо отстоява относителността, въпреки ужасните нападки.

Маргрет - Всички истински евреи останаха без работа. А той все още преподава.

Бор - Той все още преподава теория на относителността.

Маргрет - Още е професор в Лайпциг.

Бор - Да, в Лайпциг. Не в Мюнхен. Не го допуснаха до катедрата в Мюнхен.

Маргрет - Би могъл да е в Колумбия.

Бор - Или в Чикаго. Имаше предложения и от двата университета.

Маргрет - Той не би напуснал Германия.

Бор - Той желае да е там, за да възстанови германската наука, след като Хитлер падне. Така е казал на Гудсмит.

Маргрет - И щом е под наблюдение, всичко ще се докладва. С кого се среща, какво казва, какво му казват.

Хайзенберг - Нося със себе си това наблюдение като заразна болест. Но, както разбрах, Бор също е под наблюдение.

Маргрет - И ти знаеш, че също си под наблюдение.

Бор - От Гестапо ли?

Хайзенберг - Дали разбира това?

Бор - Аз нямам какво да крия.

Маргрет - Не, от нашите датски власти. Би било ужасяващо предателство спрямо цялото им доверие в теб, ако си помислят, че ти сътрудничиш на немците.

Бор - Поканата на стар приятел на обяд едва ли би могла да се нарече колаборационизъм.

Маргрет - Би могло така да се възприеме.

Бор - Да. Той ни постави в трудно положение.

Маргрет - Никога няма да му простя това.

Бор - Той трябва да има важна причина. Трябва да има много важна причина.

Хайзенберг - Това ще бъде извънредно неловко положение.

Маргрет - Нали няма да говорите за политика?

Бор - Само за физика. Предполагам, че именно за физика е дошъл да говори с мен.

Маргрет - Мисля, че ще трябва също да предположиш, че ти и аз не сме единствените хора, които чуват какво казва той в този дом. Ако искаш да си говорите поверително, по-добре идете някъде навън.

Бор - Аз нямам какво да говоря поверително.

Маргрет - Бихте могли да отидете заедно на една от ежедневните ти разходки.

Хайзенберг - Дали ще мога да предложа една разходка?

Бор - Не смятам да ходим на никакви разходки. Каквото има да казва, той може да го каже пред всички.

Маргрет - Може да е някаква нова идея, която иска да пробва върху теб.

Бор - Но какво би могло да е това? Какво ли ново ще ни поднесе?

Маргрет - Ето че любопитството ти е възбудено въпреки всичко друго.

Хайзенберг - И така, ето ме тук, крачещ в есенния здрач към дома на Бор в Ни-Карлсберг. Следван вероятно от невидимата си сянка. Какво чувствам? Страх, онова чувство на страх, което изпитваш за свой учител, ръководител, родител. Още по-лошо, страх за онова, което ще трябва да изрека. На първо място как да зачекна въпроса. И още по-силен страх какво може да се случи, ако претърпя провал.

Маргрет - Нали не е нещо, свързано с войната?

Бор - Хайзенберг е физик-теоретик. Не мисля, че някой е открил начин да убива хора с помощта на теоретичната физика.

Маргрет - Нали няма някаква връзка с ядреното деление.

Бор - Деление? Защо ли би искал да говори с мен за делението?

Маргрет - Защото ти работиш по него.

Бор - Но не и Хайзенберг.

Маргрет - Наистина ли не? Като че ли всички други го правят. А ти си всепризнатият

авторитет.

Бор - Той няма публикации по ядрено деление.

Маргрет - Но именно Хайзенберг пръв разви цялата физика на ядрото. И тогава той те консултираше, консултираше те на всяка стъпка.

Бор - Това беше отдавна, през 1932 г. За ядрено деление се говори през последните три години.

Маргрет - Ами ако германците са започнали да развиват някакво оръжие на основата на ядреното деление ...

Бор - Скъпа, никой няма да създаде оръжие, основано на ядреното деление.

Маргрет - Но ако германците са опитали, Хайзенберг би бил привлечен.

Бор - Няма липса на добри германски физици.

Маргрет - Не липсват добри германски физици, но в Америка и в Англия.

Бор - Очевидно е, че евреите са емигрирали.

Хайзенберг - Айнщайн, Волфганг Паули, Макс Борн, ... Ото Фриш, Лизе Майтнер ... В теоретичната физика ние бяхме първи в света! Едно време.

Маргрет - Има ли някой, който да работи в Германия?

Бор - Зомерфелд, разбира се. Фон Лауе.

Маргрет - Възрастни хора.

Бор - Вюрц. Хартек.

Маргрет - Хайзенберг е с цяла глава над тях.

Бор - Ото Хан все още е там. Все пак той откри делението.

Маргрет - Хан е химик. Мисля, че онова, което откри Хан ...

Бор - ... беше открито от Енрико Ферми в Рим четири години по-рано. Да, той не разбра напълно, че това е ядрено деление. Никой не можеше да предположи, че урановият атом може да се разцепи и да се превърне в атом на бария и атом на криптона. Не, докато Хан и Щрасман не направиха анализ и откриха бария.

Маргрет - Ферми е в Чикаго.

Бор - Жена му е еврейка.

Маргрет - Така че Хайзенберг би ръководил работата?

Бор - Маргрет, няма какво да се работи! Джон Уилър и аз свършихме всичко през 1939 г. Един извод от нашата публикация е, че в обозримо бъдеще няма начин да се създаде каквото и да било оръжие с помощта на ядреното деление.

Маргрет - Тогава защо всички продължават да работят по него?

Бор - Защото в него има елемент на магия. Изстрелваш неутрон в ядрото на уранов атом и то се разцепва на два други елемента. Такова нещо са се опитвали да осъществят алхимиците - да превръщат едни елементи в други.

Маргрет - Тогава защо е дошъл той?

Бор - Ето че любопитството ти се възбуди.

Маргрет - Лошите ми предчувствия.

Хайзенберг - Преминавам по познатата чакълена настилка пред входната врата на семейство Бор и дърпам шнура на сигналното звънче. Страх, да. Но и още едно чувство, което през изтеклата година стана болезнено близко. Смес от усещане за лична значимост и за пълна безпомощност - абсурдът, че от 2000 милиона души на този свят аз съм единственият, който е натоварен с тази невъзможна отговорност ... Тежката врата се отваря.

Бор - Мой драги Хайзенберг!

Хайзенберг - Драги Бор!

Бор - Влизай, влизай ...

Маргрет - И, разбира се, щом се видят, цялата им предпазливост изчезва. Старите пламъци лумват изпод пепелта. Ако можехме само да се отървем от коварството на баналните любезности ...

Хайзенберг - Толкова съм трогнат, че намери възможност да ме поканиш.

Бор - Трябва да продължаваме да се държим като човешки същества.

Хайзенберг - Разбирам колко странно е всичко това.

Бор - Онзи ден на обед ние можахме само да си стиснем ръцете.

Хайзенберг - А Маргрет не съм виждал ...

Бор - Откакто беше тук преди четири години.

Маргрет - Нилс е прав. Ти ми се виждаш поостарял.

Хайзенберг - Надяхах се да ви видя и двамата през 1938 г., на конгреса във Варшава ...

Бор - Предполагам, че си имал някои лични проблеми.

Хайзенберг - Някои дребни задължения в Берлин.

Маргрет - На улица "Принц Албрехт"?

Хайзенберг - Едно малко недоразумение.

Бор - Чухме за това, да. Много съжалявам.

Хайзенберг - Случват се такива неща. Въпросът вече е разрешен. Благоприятно разрешен. Искаше ми се всички да се бяхме събрали в Цюрих ...

Бор - През септември 1939 г.

Хайзенберг - И, разбира се, за беда ...

Бор - За наша беда също така.

Маргрет - Огромна беда за още много хора.

Хайзенберг - Да. Така е.

Бор - Горчива реалност.

Хайзенберг - Какво бих могъл да кажа?

Маргрет - Какво би могъл да каже кой да е от нас при тези обстоятелства?

Хайзенберг - Нищо. А вашите синове?

Маргрет - Добре са, благодаря. Елизабет? Децата?

Хайзенберг - Много добре. Пращат ви много поздрави.

Маргрет - Те искаха толкова много да се видят, независимо от всичко друго! Но когато дойде този момент, те толкова старателно избягват да срещнат погледите си, че едва ли изобщо се виждат.

Хайзенберг - Не знам дали разбирате колко много означава за мен да бъда отново в Копенхаген. В този дом. През последните няколко години доста се откъснах от света.

Бор - Мога да си представя.

Маргрет - Мен той почти не забелязва. А зад изражението на учтив интерес аз го наблюдавам тайно какво усилие му струва.

Хайзенберг - Трудно ли ви беше тук?

Бор - Трудно ли?

Маргрет - Разбира се. Той трябва да произнесе това.

Бор - Трудно ... Какво мога да кажа? Досега не сме били подлагани на тежките унижения, каквито е имало другаде. Не са налагани расовите закони.

Маргрет - Засега.

Бор - Преди няколко месеца започнаха да депортират комунистите и други антигермански елементи.

Хайзенберг - Но лично вие ...?

Бор - Бяхме оставени напълно сами.

Хайзенберг - Безпокоях се за вас.

Бор - Много мило. Все пак засега не чуваме за безсънни нощи в Лайпциг.

Маргрет - Отново мълчание. Той изпълни задължението си. Сега вече може да насочи разговора към по-приятни теми.

Хайзенберг - Караш ли още платноходка?

Бор - Платноходка ли?

Маргрет - Не много добро начало.

Бор - Не ми е до платноходката.

Хайзенберг - Заливът е ...

Бор - Миниран.

Хайзенберг - Естествено.

Маргрет - Надявам се да не попита дали Нилс ходи на ски.

Хайзенберг - Можеш ли да се потързияш на ски?

Бор - Ски ли? В Дания?

Хайзенберг - В Норвегия. Ти обичаше да ходиш в Норвегия.

Бор - Да, така е.

Хайзенберг - Но след като и Норвегия е ... м-да ...

Бор - Също окупирана ли? Да, това би могло да направи нещата по-лесни. В действителност, предполагам, сега човек може да прекарва отпуската си почти из цяла Европа.

Хайзенберг - Съжалявам. Не бях мислил за тази страна на нещата.

Бор - Вероятно аз съм малко нещо свръхчувствителен.

Хайзенберг - Разбира се, че не. Аз трябваше да съобразя.

Маргрет - Той сигурно скоро ще си помисли, че би било за предпочитане да бъде отново на улица "Принц Албрехт".

Хайзенберг - Не предполагам, че ще ви се прииска да дойдете в Германия ...

Маргрет - Това момче е пълен идиот.

Бор - Драги ми Хайзенберг, човек може лесно да сгреши и да си помисли, че гражданите на един малък народ, на един потъпкан малък народ, потъпкан жестоко и разюздано от своя по-могъщ съсед, че те не биха имали точно толкова национална гордост, колкото имат и техните победители, точно същата любов към своята родина.

Маргрет - Нилс, нали се разбрахме.

Бор - Че ще говорим за физика, да.

Маргрет - Не за политика.

Бор - Съжалявам.

Хайзенберг - Не, не, исках просто да кажа, че все още имам на разположение старата си скиорска хижа в Байришцел. Така че при случай ... по всяко време ... по какъвто и да е повод ...

Бор - Маже би Маргрет ще бъде така любезна да пришие жълта звезда на скиорското ми яке.

Хайзенберг - Да. Да. Много глупаво от моя страна.

Маргрет - Отново мълчание. Първите кратки искри изчезнаха и пепелта изстина напълно. Така че сега, разбира се, аз започвам почти да го съжалявам. Седи тук сам сред хора, които го мразят, самотен срещу нас двамата. Той отново изглежда по-млад - като момчето, което дойде тук за пръв път през 1924 г. По-млад, отколкото сега би бил Кристиян.

Притеснителен и надменен, жадуващ да бъде обичан. Носталгичен и доволен, че най-после е далеч от дома. О, да, тъжно е, защото Нилс го обичаше, той му беше като баща.

Хайзенберг - И така ... с какво се занимаваш сега?

Маргрет - И всичко, което може, е да гони целта си.

Бор - Главно с ядрено деление.

Хайзенберг - Видях няколко статии във *Physical Review*. Разпределението по скорости на фрагментите от делението ...?

Бор - И някои неща за взаимодействията на ядрата с деутрони. А ти?

Хайзенберг - С разни неща.

Маргрет - Деление?

Хайзенберг - Понякога изпитвам завист за вашия циклотрон.

Маргрет - Защо? И ти ли се занимаваш с ядрено деление?

Хайзенберг - В Съединените Щати има повече от тридесет. Докато в цяла Германия ...

Да ... Сигурно продължаваш да ходиш на вашата вила?

Бор - Да, все още ходим в Тисвилде.

Маргрет - Искаш да кажеш, че в цяла Германия ...

Бор - ... няма нито един циклотрон.

Хайзенберг - Толкова е красиво по това време на годината. Тисвилде.

Бор - Не си дошъл да вземеш на заем циклотрона, нали? Не за това си дошъл в Копенхаген?

Хайзенберг - Не за това съм в Копенхаген.

Бор - Съжалявам. Човек не трябва да прибързва със заключенията.

Хайзенберг - Така е, никой от нас не трябва да прави каквито и да било прибързани заключения.

Маргрет - Трябва търпеливо да изчакаме това, което ще ни кажат.

Хайзенберг - Не винаги е лесно да се обяснят нещата на широката публика.

Бор - Мисля си, че трябва винаги да имаме пред вид по-широката аудитория, която могат да имат нашите думи. Но липсата на циклотрони в Германия със сигурност не е военна тайна.

Хайзенберг - Нямам представа какво е тайна и какво не е.

Бор - Не е тайна също така защо липсват. То е защото нацистите системно подриваха теоретичната физика. Защо? Защото много от хората, работещи в тази област, бяха евреи. А защо толкова много от тях бяха евреи? Защото теоретичната физика - онази физика, която се прави от Айнщайн, от Шрьодингер и Паули, от Борн и Зомерфелд, от теб и мен, - в Германия винаги е била третирана като по-нисша спрямо експерименталната физика, поради което евреите можеха да водят само теоретични катедри и да четат само теоретични лекции.

Маргрет - Физика, нали? Физика.

Бор - Това е физика.

Маргрет - Но е също политика.

Хайзенберг - Понякога е мъчително трудно двете да се делят.

Бор - Значи си видял онези две статии. Напоследък не съм виждал нищо от тебе.

Хайзенберг - Нямаше.

Бор - Не е в твоя стил. Преподавателска заетост?

Хайзенберг - Не преподавам. Не и сега.

Бор - Мой драги Хайзенберг, нали не са те изгонили от катедрата ти в Лайпциг? Нали

не е това, което си дошъл да ни кажеш?

Хайзенберг - Не, още съм в Лайпциг. По няколко дена на седмица.

Бор - А в останалото време от седмицата?

Хайзенберг - На друго място. Проблемът е, че работата е повече, не по-малко.

Бор - Разбирам. А в същност дали разбирам?

Хайзенберг - Поддържах ли връзки с някои от нашите приятели в Англия? Борн? Чадуик?

Бор - Хайзенберг, ние сме под немска окупация. Германия е във война с Британия.

Хайзенберг - Мислех си, че все още поддържате някакви връзки. Или с хората от Америка? Ние не сме във война с Америка.

Маргрет - Засега.

Хайзенберг - Чувал ли си нещо от Паули в Принстън? Гудсмит? Ферми?

Бор - Какво искаш да знаеш?

Хайзенберг - Просто съм любопитен ... Онзи ден си мислех за Робърт Опънхаймър. С него имаме голям сблъсък в Чикаго през 1939 г.

Бор - За мезоните.

Хайзенберг - Той още ли се занимава с мезони?

Бор - Доста съм откъснат.

Маргрет - Единственият ни чуждестранен гост беше от Германия. Твоят приятел Вайцекер беше тук през март.

Хайзенберг - Защо *моят* приятел? Той е и *ваш* приятел. Надявам се. Знаете ли, че той дойде заедно с мен в Копенхаген? Много иска да се срещне отново с вас.

Маргрет - Когато беше тук през март, той доведе със себе си шефа на Германския Културен Институт.

Хайзенберг - Съжалявам за това. Направил го е с най-добри намерения. Маже би не ви е обяснил, че Институтът се ръководи от Културния Отдел към Министерството на Външните Работи. Ние имаме добри приятели във външното министерство. Особено в посолството ни тук.

Бор - Разбира се. Познавах баща му, когато беше посланик в Копенхаген през двайсетте години.

Хайзенберг - Знаеш ли, германската външна служба не се е изменила много от тогава.

Бор - Тя е министерство в правителството на нацистите.

Хайзенберг - Германия е по-сложна, отколкото може да изглежда отвън. Различните държавни органи имат твърде различни традиции въпреки всички опити за реформи. Особено външното министерство. Нашите хора в посолството тук са доста старомодни, що се отнася до начина, по който използват своето влияние. Те биха правили нужното, за да могат изтъкнатите местни граждани да не бъдат смущавани в своята работа.

Бор - Да не би да искаш да ми кажеш, че аз съм под протекцията на твоите приятели в посолството?

Хайзенберг - Искам да кажа, ако Вайцекер не е бил достатъчно ясен, че там ще намерите хора, които напълно ще ви разберат. За тях ще бъде чест, ако се отзове на тяхна покана по някакъв специален случай.

Бор - Да ходя на коктейли в Германското Посолство? На кафе и сладкиши с нацисткия пълномощник?

Хайзенберг - На лекции, може би. На дискуссионни групи. Всякакъв вид обществени контакти биха били от полза.

Бор - Сигурно е така.

Хайзенберг - При определени обстоятелства биха могли да се окажат много важни.

Бор - При какви обстоятелства?

Хайзенберг - Мисля, че и двамата знаем какви.

Бор - Защото съм полуевреин ли?

Хайзенберг - Ние всички можем по едно или друго време да се нуждаем от помощта на наши приятели.

Бор - Да не би затова да си дошъл в Копенхаген? За да ме поканиш да наблюдавам депортирането на моите датски съграждани от някоя лежа зад прозорците на Германското Посолство?

Хайзенберг - Бор, моля те! Умолявам те! Какво друго мога да направя? Как другояче да помогна? За тебе положението е невероятно трудно, разбирам това. Но то също е невероятно трудно и за мен.

Бор - Да. Съжалявам. Сигурен съм, че си с най-добри намерения.

Хайзенберг - Забрави какво съм ти казал. Освен ако ...

Бор - Освен ако не трябва да си го спомня.

Хайзенберг - Във всеки случай не затова съм дошъл.

Маргрет - Може би ще трябва да кажеш просто това, което искаш да кажеш.

Хайзенберг - Това, което в старите времена ние правехме често, беше да си направим една вечерна разходка.

Бор - Често. Да. В старите времена.

Хайзенберг - Какво ще кажеш за една вечерна разходка в името на старите времена?

Бор - Вечерта ми се струва доста мразовита за разходка.

Хайзенберг - Толкова е трудно. Помниш ли къде се срещнахме за пръв път?

Бор - Разбира се. В Гьотинген през 1922 г.

Хайзенберг - На лекционен фестивал в твоя чест.

Бор - Беше висока чест. Съзнавах го напълно.

Хайзенберг - Беше почетен по две причини. Първо, защото си велик физик ...

Бор - Да, да.

Хайзенберг - ... е, второ, защото ти беше един от малцината в Европа, готови да общуват с Германия. Войната беше завършила преди четири години, но нас все още ни избягваха като чумави. Ти ни протегна ръка. Ти винаги си вдъхвал любов, знаеш го. Където и да си бил, каквото и да си работил. Тук в Дания. В Англия, в Америка. Но в Германия ние те боготворяхме. Защото ни протегна ръка.

Бор - Германия се е променила.

Хайзенберг - Да. Тогава ние бяхме долу. И ти можеше да бъдеш щедър.

Маргрет - А сега сте горе.

Хайзенберг - И щедростта е по-трудна. Но тогава ти ни протегна ръката си и ние я поехме.

Бор - Да ... Не! Не ти. В действителност ти я ухапа.

Хайзенберг - Ухапал съм я?

Бор - Ухапа ръката ми! Така направи! Аз я протегнах в моя най-величествен и помирителен жест, а ти най-оскърбително я ухапа.

Хайзенберг - Аз ли?

Бор - В първия момент, когато спрях погледа си върху теб. На една от лекциите, които изнасях в Гьотинген.

Хайзенберг - Не разбирам какво говориш?

Бор - Ти стана и се нахвърли срещу мен.

Хайзенберг - О... направих някои коментари.

Бор - Красив летен ден. Ароматът на розите се носи от градините. Редиците от изтъкнати физици и математици - всички до един кимат одобрително за моята доброжелателност и мъдрост. Изведнъж от редиците скача розовобузо пале и ми заявява, че математиката ми е погрешна.

Хайзенберг - Тя беше погрешна.

Бор - На колко години беше тогава?

Хайзенберг - На двадесет.

Бор - С две години по-млад от века ни.

Хайзенберг - Не съвсем.

Бор - 5 декември, нали?

Хайзенберг - 1,93 години по-млад от века ни.

Бор - За да бъдем точни.

Хайзенберг - Не - до втория десетичен знак. За да бъдем *точни*, 1,928 ... 7 ... 6 ... 7 ... 1 ...

Бор - Винаги мога да следя стъпките ти, все едно. Също на века.

Маргрет - И Нилс изведнъж решава отново да го обича - въпреки всичко. Защо? Какво се случи? Дали не е споменът за онзи летен ден в Гьотинген? Или всичко? Или изобщо нищо? Каквото и да е, докато да седнем на масата, от студената пепел отново лумна огън.

Бор - Ти винаги си бил много борбен! Същото беше и когато играехме пинг-понг в Тисвилде. Изглеждаше така, сякаш се опитваш да ме убиеш.

Хайзенберг - Искях да победя. Разбира се, че исках да победя. *Ти* също искаше да победиш.

Бор - Искях само приятна игра на пинг-понг.

Хайзенберг - Не можеше да видиш израза на лицето си.

Бор - Можех да видя израза на твоето.

Хайзенберг - Какво тогава да кажем за покера, който играехме в скиорската хижа в Байришцел? Веднъж ти обра всички ни! Помниш ли това? С несъществуваща секвенция! Ние всички сме математици - ние всички броим картите - 90 процента сме уверени, че той няма нищо. Но той упорито продължава, вдига, вдига. Тази безумна увереност. Докато накрая нашата вяра в математическата вероятност започна да се разклаща и един подир друг всички хвърлихме картите си на масата.

Бор - Аз мислех, че *имам* секвенция! Бях объркал картите! Аз блъфирах сам себе си!

Маргрет - Бедният Нилс.

Хайзенберг - Бедният Нилс ли? Той спечели! Разори всички ни! Ти беше безумно напорист! А веднъж ни накара да играем покер с въображаеми карти!

Бор - Вие с Вайцекер играехте шах на въображаема дъска!

Маргрет - И кой победи?

Бор - Искан ли питане? В Байришцел ние се спускахме със скиите до хижата, за да вземем провизии, и даже това спускане се превърна в някакъв вид състезание! Помниш ли? Когато бяхме там заедно с Вайцекер и още някой? Ти извади хронометър.

Хайзенберг - На бедния Вайцекер му трябваха осемнадесет минути.

Бор - Ти, разбира се, се спусна за десет.

Хайзенберг - Осем.

Бор - Не си спомням какво беше моето време.

Хайзенберг - Четиридесет и пет минути.

Бор - Благодаря ти.

Маргрет - Тук, струва ми се, става някакво бързо каране на ски.

Хайзенберг - Твоето каране на ски е като науката ти. Какво имаше да чакаш? Ние с Вайцекер да се върнем и да ти предложим някои леки промени в нюансите?

Бор - Може би.

Хайзенберг - Та ти правеше по седемнадесет проекта за всеки слалом.

Маргрет - Без аз да съм там да ги печатам на машината.

Бор - Аз поне знаех къде съм. При скоростта, с която се движеше, ти неминуемо щеше да се натъкнеш на съотношението за неопределеност. Ако знаеше къде се намиращ, когато беше долу, ти не знаеше колко бързо си стигнал дотам. Ако знаеше колко бързо се спускаш, ти не можеше да знаеш, че си долу.

Хайзенберг - Аз със сигурност не се спрях, за да обмисля това.

Бор - А не да критикуваш. Но това е нещо, което би могло да се критикува с помощта на своята собствена наука.

Хайзенберг - Все едно, обикновено стигах дотам.

Бор - Но никога не се интересувах какво се разрушаваше по пътя. Доволен беше, ако математически нещата бяха наред.

Хайзенберг - Ако нещо е наред, то е наред.

Бор - Но винаги остава въпросът: какъв е смисълът на тази математика, изразен на прост език? Какви са философските последици?

Хайзенберг - Винаги знаех, че ти ще подбиращ своя път стъпка по стъпка надолу по наклона след мен и ще изравяш от снега всички прекатурени тълкувания и следствия.

Маргрет - Колкото по-бързо караш ските, толкова по-скоро се натъкваш на дупки и пропасти.

Хайзенберг - Колкото по-бързо караш ските, толкова по-добре мислиш.

Бор - Не мога да не се съглася, но това е ... извънредно интересно.

Хайзенберг - С което искаш да кажеш, че е глупост. Но не е глупост. Решенията сами се раждат, когато се спускаш със седемдесет километра в час. Пред теб внезапно изниква ръбът на нищото. Завой наляво? Завой надясно? Или да обмисляш и да загинеш? В съзнанието си правиш и двата завоя ...

Маргрет - Подобно на онази частица.

Хайзенберг - Каква частица?

Маргрет - Онази, за която ти казваш, че преминава през два различни процепа в един и същ момент.

Хайзенберг - О, в онзи мислен експеримент. Да. Да!

Маргрет - Или нещастната Шрьодингерова котка.

Хайзенберг - Която едновременно е жива и мъртва.

Маргрет - Бедното животно.

Бор - Скъпа, това е въображаема котка.

Маргрет - Зная.

Бор - Затворена заедно с въображаем флакон с цианид.

Маргрет - Зная, зная.

Хайзенберг - Така че частицата е тук, частицата е там ...

Бор - Котката е жива, котката е мъртва ...

Маргрет - Свърнал си наляво, свърнал си надясно ...

Хайзенберг - Докато експериментът завърши, там е тънкият момент, докато запечатаната камера бъде отворена, докато пропастта е заобиколена; и се оказва, че частицата отново е срещнала себе си, котката е мъртва ...

Маргрет - А ти си жив.

Бор - Не толкова бързо, Хайзенберг ...

Хайзенберг - Самото отклонение е решението.

Бор - Не така бързо, не така бързо!

Хайзенберг - Нали ти така застреля Хендрик Казимир?

Бор - Хендрик Казимир ли?

Хайзенберг - Когато той работеше тук в Института.

Бор - Не съм застрелвал Хендрик Казимир.

Хайзенберг - Ти сам ми каза, че си го застрелял.

Бор - Това беше Георги Гамов. Аз застрелях Георги Гамов. Защото той твърдеше, че винаги можеш по-бързо да действаш, отколкото да реагираш. Да вземеш решение и да извършиш нещо, отколкото да реагираш на действието на някой друг.

Хайзенберг - И затова ти го застреля?

Бор - Него! Той излезе и купи чифт пистолети! Слага единия в джоба си, аз слагам другия в моя джоб и продължаваме да работим. Минават часове и ето ни в ожесточен спор за - не си спомням какво точно - предполагам, нашите проблеми с ядрото на азота, когато изведнъж Гамов посяга към джоба си ...

Хайзенберг - Пистолети с капсули.

Бор - Да, капсулни пистолети. Естествено.

Хайзенберг - Маргрет изглеждаше малко разтревожена.

Маргрет - Не, по-скоро изненадана. От развоя на събитията.

Бор - А ти си спомняш колко бърз беше той.

Хайзенберг - Казимир ли?

Бор - Гамов.

Хайзенберг - Не колкото мен.

Бор - Разбира се, че не. Но в сравнение с мене.

Хайзенберг - Бърз неутрон. Както и да е ... И ти казваш, че ...

Бор - Както и да е, да, преди той даже да извади пистолета от джоба си ...

Хайзенберг - Ти си нахвърлил своя отговор.

Маргрет - Аз съм го напечатала.

Хайзенберг - Ти си го обсъдил с Клайн.

Маргрет - Аз съм го препечатала.

Хайзенберг - Изпратил си го на Паули в Хамбург.

Маргрет - Аз отново съм го препечатала.

Бор - Преди даже да е извадил пистолета от джоба си, моят вече е в ръката ми.

Хайзенберг - И бедният Казимир е издухан в небитието.

Бор - С тази разлика, че беше Гамов.

Хайзенберг - Казимир е бил! Той ми го каза!

Бор - Да, добре, единият от двамата.

Хайзенберг - И двамата едновременно живи и мъртви в нашите спомени.

Бор - Като двойка котки на Шрьодингер. Докъде бяхме стигнали?

Хайзенберг - Ските. Или музиката. Това е още нещо, което за теб решава всичко. Аз свиря на пиано и пред мен сякаш пътят се отваря - всичко, което трябва да правя, е единствено



Хайзенберг и Нилс Бор (1933 г.)

да го следвам. Такъв беше моят единствен успех с жените. На една музикална вечер в Бюкингс в Лайпциг, бяхме се събрали трио пиана. Беше 1937 г., точно когато започнаха всичките ми грижи с ... когато грижите ми стигаха до гърлото. Свирехме Бетовеновия сол мажор. Завършваме скерцото и аз поглеждам нагоре, за да се уверя, че другите са готови да започнем финалното престо. И в този миг зървам една млада жена, която седи до стената. Само един мимолетен поглед, но достатъчен веднага да я отнеса в Байришцел, да се сгодим, да се оженим и т.н. - обичайните безнадеждни романтични блянове. После се втурваме в престо и то е ужасяващо бързо - толкова бързо, че няма време да се уплашиш. И изведнъж всичко на света ти се вижда много лесно. Стигаме до края и аз просто продължавам да летя на ските. Запознават ме с младата жена, изпращам я до дома ѝ и, да, седмица по-късно аз съм я отвел в Байришцел, още една седмица и ние сме сгодени, три месеца и ние сме женени. Всичко това от краткотрайния импулс на това престо!

Бор - Казваше, че си се чувствал самотен. Но ти все пак имаш компания.

Хайзенберг - Музиката ли?

Бор - Елизабет!

Хайзенберг - О. Да. Макар че тук още са и децата и т.н. ... Винаги съм ти завиждал за начина, по който вие с Маргрет съумявате всичко да обсъждате. Твоята работа. Твоите проблеми. Мен, без съмнение.

Бор - Природата ме е създала да бъда математически любопитна същност: не единица, а половината от две.

Хайзенберг - Математиката става нещо много странно, когато я приложиш към хората. Едно плюс едно може да е равно на най-различни неща ...

Маргрет - Мълчание. За какво ли си мисли сега? За живота си? За нашия живот?

Бор - Толкова много са нещата, за които мислим в едно и също време. Нашия живот, нашата физика.

Маргрет - Всичките онези неща, които ни идват наум изневиделица.

Бор - Нашите лични утехи. Нашите лични агонии.

Хайзенберг - Мълчание. И, разбира се, те отново мислят за своите деца.

Маргрет - Същите светли неща. Същите тъмни неща. Връщат се отново и отново.

Превод: Михаил Бушев

(Michael Frayn, COPENHAGEN. Anchor books, New York, 1998.)

LINGUA PHYSICA

Писмо до редакцията

Уважаеми проф. Ахабабян,

Безпокоя ви по повод превода на статията *Мойсей на Силициевата долина*, (3'2001). Единственото ми желание е сп. *Светът на Физиката* да бъде еталон за терминологията в областта на физиката и свързаните с нея приложни науки.

	Ваш превод	Приета терминология
Стр. 235	слабо балансирани	слабо компенсирани
	техники на рафиниране	техники за пречистване
	силициева вафла	силициева пластина
	дифузни технологии	дифузионни технологии
Стр. 241	p-n връзките	p-n преходите

Позволявам си да изкажа несъгласие с вашия превод, тъй като имам 25 годишен стаж в областта на микроелектрониката.

С уважение: Е. Горанова, СЕНЕЙ, БАН

Редакцията благодари най-сърдечно на д-р Горанова за нейното активно, отговорно и компетентно отношение към третирания проблем и се извиняваме на читателите на списанието за допуснатите грешки. На виновника е потърсена строга отговорност за нехайното отношение към извършената работа.



This volume is published with the generous financial support of the
EUROPEAN PHYSICAL SOCIETY

Загадка с награда!

АХ, ТАЗИ МЛАДЕЖ

Доктор Роналд Гибсън изнесъл доклад пред Общото събрание на Медицинското дружество в град Портсмът, Англия, който започвал с четири цитата:

“Нашата младеж обича разкоша, възпитана е глупаво, надсмива се над началството и хич не уважава старите служители. Днешните деца се превърнаха в тирани, те не стават, когато в стаята влезе възрастен човек, противоречат на своите родители. С две думи, те са много лоши”.

“Губя всякаква надежда относно бъдещето на нашата страна при мисълта, че днешната младеж утре ще вземе в свои ръце кормилото на управлението, защото тази младеж е непоносима, невъздържана, просто ужасна”.

“Нашият свят достигна критическия си стадий на развитие. Децата вече не слушат своите родители. Явно краят на света не е толкова далеч”.

“Тази младеж е развратена до глъбините на душата. Младите хора са коварни и нехайни. Те никога няма да бъдат като младежите от миналите времена. Днешното младо поколение не ще съумее да запази нашата култура”.

След като част от присъстващите започнали да го аплодират, доктор Гибсън разкрил имената на авторите на цитатите: ...

Кои са те?

Отговорът, заедно с имената на позналите, които ще получат по един годишен абонамент за сп. “Светът на физиката” за 2003 г., ще научите от кн. 4'2002 г.
