

„ЕКСТРЕМНА СВЕТЛИНА” НАД ЧЕХИЯ, УНГАРИЯ И РУМЪНИЯ

Динко Динев

Чешката република, Унгария и Румъния спечелиха голям европейски проект за изграждането на научна инфраструктура на стойност 800 млн евро.

В много оспорвано съревнование с други европейски страни, между които Франция и Великобритания, Чешката република, Унгария и Румъния спечелиха голям европейски проект за изграждането на научна инфраструктура на стойност 800 млн Евро [1]. В тези страни ще бъдат изградени три големи научни лаборатории, обединени в консорциума „Научна инфраструктура за генерирането на изключително мощни и изключително къси импулси кохерентна светлина” т.нар. проект Extreme Light Infrastructure (ELI)-[2]. Проектът е част от пътната карта за изграждането на европейска изследователска инфраструктура. В своята първа тригодишна подготвителна фаза (2007-2010 г.) проектът обединява над 40 изследователски и академични институции от 13 европейски страни. Една от тези страни е България, представена от Софийски университет „Св.Кл.Охридски” с колектив от катедрата по Квантова електроника на Физическия факултет, в който са проф. Иван Христов, проф. Александър Драйшу и покойният чл. кор. проф. Соломон Салтиел, на когото като първи координатор за България, реализирането на този проект беше една от последните големи мечти. Планира се трите обединени лаборатории да бъдат изградени през следващата втора фаза на проекта – в периода 2011-2015 г.

Реализацията на проекта ELI ще представлява истинска революция в лазерните технологии. В неговата основа стои създаването на лазерни системи от ново поколение с изключително голяма импулсна мощност, която ще достига 100 PW (1 petawatt = 10^{15} watts). Тази гигантска мощност ще е силно фокусирана, до 10^{24} W/cm². Изградената научна инфраструктура ще се използва за провеждането на фундаментални изследвания в областите на ядрената физика, физиката на частиците, атомната и молекулната физика, химията, биологията, изследването на материалите и др. Тя ще намери и многочислени приложения в микроелектрониката, нанотехнологиите, създаването на нови материали и др. Създадените на основата на технологията ELI компактни лазерни ускорители на частици ще имат важно приложение в медицината за радиография и за адронна терапия на ракови заболявания.

В реализацията на този грандиозен проект ще участват десетки фирми. Изградената научна инфраструктура ще се използва и за обучението на студенти и докторанти.

Координатор на проекта ELI е Gerard A. Mourou от Лабораторията по приложна оптика на Националния научен център CNRS на Франция.

Лазерното лъчение на използваните в проекта ELI лазерни системи ще бъде с над 6 порядъка по-интензивно от това на съществуващите в момента лазери. В лазерната вълна ще се създават електрични полета с гигантска сила, по-голяма от 1PV/m (10^{15} V/m). При

взаимодействието на толкова интензивна кохерентна светлина с веществото законите на оптиката се променят драстично. Възниква нов клон на оптиката-релятивистка оптика.

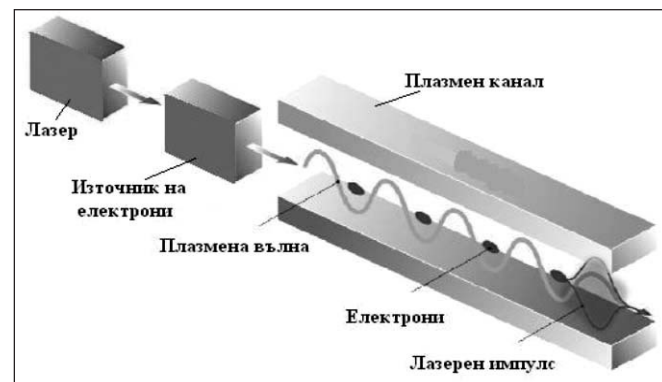
Лазерните системи, които ще се използват в проекта ELI ще бъдат подобни на лазерната система APOLLON, която се изгражда в момента в института ILE¹* в Палесо край Париж-[3]. Пиковата мощност на една лазерна система от типа APOLLON е 10 PW. Лазерните импулси имат енергия 150J и продължителност 15 fs. Това отговаря на интензивност 10^{24} W/cm². Честотата на повторение на импулсите е 1 импулс в минута.

В самото начало на лазерната система стои един TiSa лазер, излъчващ при дължина на вълната 800 nm. Неговите импулси са с продължителност 30 fs и имат енергия от само 500 μJ. Следва първоначално усилване на енергията на тези импулси до 100 mJ, при продължителност 10 fs и честота на следване 1 Hz. Тези импулси се усилват след това последователно по енергия в три високо енергетични усилвателни секции, след което се компресират. Секциите за усилване по мощност се състоят от TiSa кристали с големи размери, диаметър до 200 mm. Напомпването става от TiSa лазери работещи в зелената част на спектъра, при дължина на импулса 30 ns, честота 1 imp/min и енергия на импулсите 200 J. Крайната енергия на импулсите в лазерната система APOLLON е 150 J при продължителност 15 fs и честотата на следване от само 1 импулс в минута. Това отговаря на пикова мощност 10 PW и на интензивност 10^{24} W/cm².

Най-мощната в момента лазерна система е Vulcan. Тя се намира в RAL²*. Нейната мощност е 1 PW (2002). Постигната е интензивност 10^{22} W/cm².

Чешка република

Бъдещата лаборатория ще бъде разположена в Прага. Базова организация е Физическият институт на Академията на науките на Чешката република (IP ASCR).



Фиг. 1. Принцип на работа на лазерно-плазмен ускорител

медия среда е предложен още през 1979 г. от Т. Tajima и J.M. Dawson. Принципът на действие на един лазерно-плазмен ускорител е следният – Фиг. 1.

¹ MEGa-ray=Mono-Energetic Gamma-ray

² PALS = Prague Asterix Laser System

Интензивен лазерен импулс се разпространява по дължината на плазмен канал, запълнен с водородна или хелиева плазма [4]. Подобно на кораб, лазерният импулс оставя зад себе си килватерна вълна (wake). Това е плазмена вълна с много голяма амплитуда, която се състои от редуващи се области с висока концентрация на плазмените електрони и области, в които те практически отсъстват и преобладава положителният заряд на йоните. Тази вълна осцилира с плазмената честота. Дължината на една wake вълна е от порядъка на 10-100 nm, което открива възможността за създаването на изключително компактни ускорители на електрони с висока енергия.

Амплитудата на wake вълната е пропорционална на интензивността на лазерния импулс и на квадратен корен от плътността на плазмата. Може да се създават електрични полета със сила 10-100 GV/m и дори много по-силни. Тези електрични полета са хиляда и повече пъти по-силни от ускоряващите електрични полета в традиционните ускорители на частици.

Фазовата скорост на wake вълната е много близка до скоростта на светлината.

Електрони инжектирани при подходяща фаза на wake вълната ще се захващат от нея, ще се фокусират и ще се ускоряват до високи енергии (100 GeV) на много малко разстояние. При една и съща енергия на ускоряваните частици лазерно-плазменният ускорител ще бъде с хиляди пъти по-малки размери от тези на традиционните ускорители.

През последните две десетилетия в редица лаборатории се провеждат експерименти по лазерно-плазмено ускоряване на електрони. В момента електронен сноп с висока степен на монохроматичност е ускорен до 1 GeV в плазмена структура с дължина 3 cm.

Изключително високата интензивност на използваните в ELI лазерни системи ще позволи създаването на още по-мощни и по-компактни ускорители. Така например при интензивност на лазерния импулс 10^{23} W/cm² wake вълната ще създава електрично поле със сила 0.5 GV/m. Това ще позволи ускоряването на електрони до енергия 50 GeV

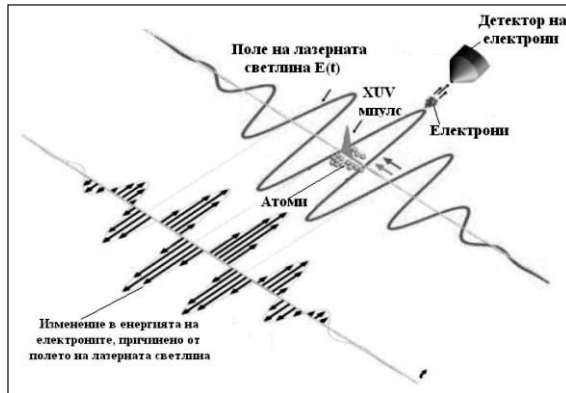
да става на разстояние от само 100 μm. В момента в линейния ускорител SLAC това става на дължина 3 km!

Унгария

Бъдещата лаборатория ще бъде разположена в Сегед. Базова организация е Изследователският институт за физика на твърдото тяло и оптика към Унгарската академия на науките (RISSPO). С помощта на лазерни системи от ново поколение, излъчващи високо интензивни импулси кохерентна светлина (средна мощност няколко kW и честота на повторение няколко kHz) с изключително малка продължителност, от порядъка на атосекунди (10^{-18} s) и дори на зептосекунди (10^{-21} s), ще се изучава динамиката на електроните в атоми, молекули, плазма и твърди тела.

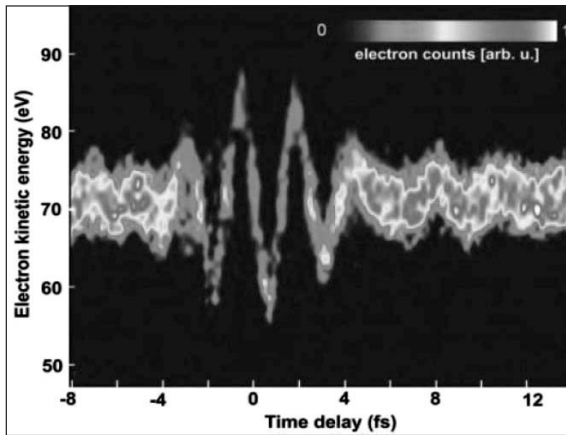
Като пример за атосекундно изследване тук ще опишем съвсем схематично проведеният през 2004 г. от австрийско-германски изследователски колектив с ръководител Ф. Крауз (F. Krausz) експеримент по визуализация на трептенията на светлинните вълни-[4].

Светлината, чиито трептения ще се визуализират, представлява импулса на един



Фиг. 2. Опитна постановка на първия експеримент по директно наблюдаване на трептенията на светлинни вълни

импулс се фокусира върху 50 μm струя неонов атоми и предизвиква йонизация на атомите. Освободените електрони попадат под действието на електричното поле на основния лазерен импулс.



Фиг. 3. Визуализация на трептенията на светлинна вълна. Разделителната способност по време е 100 as.

Румъния

Бъдещата лаборатория ще бъде изградена в Магуреле – Фиг.4. Базова организация е Националният институт за лазери, плазма и радиационна физика (INFLPR).

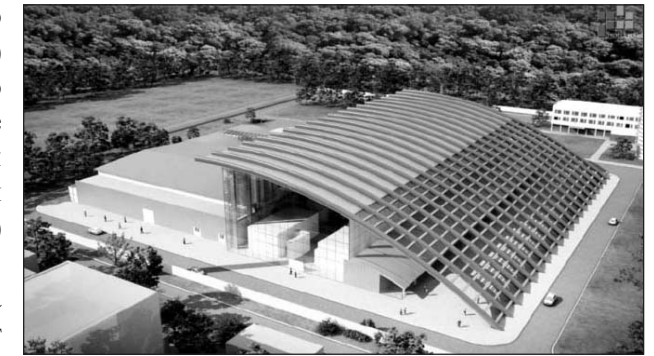
Тя ще е ориентирана към изследвания по ядрена физика с помощта на лазери. За целта при взаимодействието на лъчението на мощен лазер с ускорен в 600 MeV линеен ускорител електронен сноп ще се генерират интензивни импулси от фотони с висока енергия (≤ 19 MeV, 10^{13} γ/s). Това ще позволи провеждането на изследвания по фотоядрена физика [6].

лазер, излъчващ в червената област ($\lambda=750$ nm, $T=2.5$ fs), Продължителността на този импулс е 5 fs. Той се състои само от няколко трептения. Светлината е линейно поляризирана. Успоредно се разпространява втори лазерен импулс – Фиг. 2. Той е в VUV (вакуумна ултра-виолетова) област и е много кратък – 250 as. Енергията на фотоните му е 91 eV и е достатъчна за фото йонизация на атомите на хелий и на неон. Този втори лазерен импулс играе ролята на атосекунден фотонен пробник на електричното поле на основния импулс. Атосекундният VUV

Фотоелектроните ще се ускорят или пък ще се забавят от основната вълна в зависимост от стойността на електричното поле $E_L(t)$ в момента на раждането им. Тяхната кинетична енергия ще се изменя с $\Delta E = e \left(\frac{p}{m} \right) A_L(t)$, където $A_L(t)$ е стойността на векторния потенциал в момента на отделянето на електроните от ядрата. Измерва се кинетичната енергия на електроните в eV като функция на отместването по време в fs между пробния и основния импулси – Фиг. 3.

Много интензивен и много ярък γ -сноп ($E_\gamma \leq 19$ MeV, 10^{13} γ/s) ще се получава при некохерентно обратно Комптоново разсейване на лазерните импулси от един много ярък и много интензивен електронен сноп ($E_e = 600$ MeV) – Фиг. 5.

Монохроматичността на γ -квантите ще е по-висока от 10^{-3} . Честотата на повторение ще е от порядъка на kHz. Пиковата яркост на γ -снопа ще е по-голяма от 10^{22} photons. $\text{mm}^{-2}.\text{mrad}^{-2}.\text{s}^{-1}$.



Фиг. 4. Бъдещата лаборатория в Магуреле, Румъния



Фиг. 5. Генериране на интензивен γ -сноп при обратно Комптоново разсейване на лазерни импулси от релативистки електронен сноп

Електроните ще се ускорят до 600 MeV в линеен ускорител, подобен на този в проекта “MEGa-ray”* в Националната лаборатория в Ливърмор (LLNL).

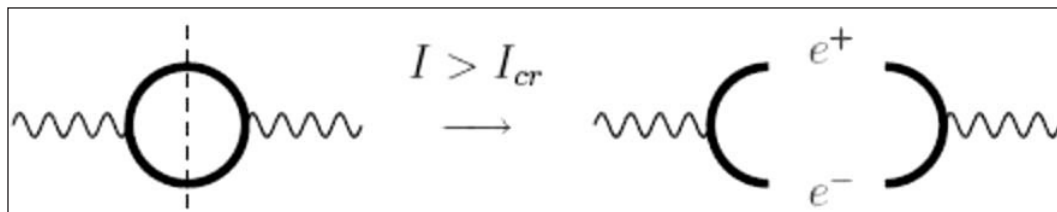
Разсеяните фотони са насочени преимуществено напред, в тесен сноп, който е поляризиран и който може плавно да се пренастройва по енергия. Този силно фокусиран γ -сноп наподобява лазерен лъч.

Интензивният, монохроматичен и с възможност за пренастройване по енергия –сноп ще осигури уникални възможности за провеждането на фотоядрени изследвания: ядрена спектроскопия с висока разделителна способност, изследване на ядрената структура при високи енергии на възбуждане и др.

Безпрецедентно голямата интензивност на използваната в ELI лазерна система ще открие богати възможности за провеждането на експерименти за проверка на някои от най-фундаменталните положения на съвременната физика.

Предвижда се провеждането на уникални експерименти по изучаването на структурата на вакуума-[4]. Както е известно според квантовата електродинамика (QED) във вакуума протичат процеси на спонтанно раждане на виртуални електрон-позитронни двойки. Съгласно QED в много силни ЕМ полета е възможен процес, при който фотонът „изчезва” и се ражда реална електрон-позитронна двойка – Фиг.6.

* MEGa-ray=Mono-Energetic Gamma-ray



Фиг. 6. Файнманова диаграма за процеса на раждане на реална електрон-позитронна двойка при интензивност на лазерното лъчение по голяма от критичната

За да стане това ЕМ поле трябва да е по-силно от т.нар. критично поле, което има стойност $E_{cr} = 1.3 \cdot 10^{16}$ V/m, $B_{cr} = 4.41/10^{13}$ G. Това поле отговаря на интензивност на лазерното лъчение $I_{cr} = 2.3 \cdot 10^{29}$ W/cm².

Чешката република, Унгария и Румъния имат потенциал и традиции в провеждането на научни изследвания. В Института по физика на плазмата в Прага работи термоядреният реактор от тип токамак COMPASS и мощната лазерна система PALS* за изследване на плазмата – Фиг. 7. Лазерната система PALS излъчва импулси с енергия 1 kJ и продължителност 300 ps. В Института за ядрени изследвания АТОМКИ в Дебрецен работят два Ван де Грааф ускорителя, циклотронът MGS и генератор на многозарядни тежки йони от тип ECR. В Университета в Сегед работи Лаборатория за лазери с голяма мощност. На основата на ексимерен лазер е създадена фемтосекундната лазерна сис-



Фиг. 7. Лазерната система PALS в Института по физика на плазмата на Академията на науките на Чешката република в Прага

тема HILL с дължина на вълната 248 nm, интензивност 10^{18} W/cm² и честота 1 Hz. В Националния институт по физика и ядрено инженерство (IFIN HH), разположен в околностите на Букурещ, от десетилетия работи HVE тандемен ускорител.

Но в случая става дума за създаването на три големи лаборатории, в които ще се провеждат изследвания, намиращи се на най-предния фронт на науката и технологиите. Изградената научна инфраструктура ще привлече

някои от най-добрите умове от цял свят, а това ще даде тласък в развитието на националните науки и технологии и ще издигне международния престиж на трите страни.

* PALS = Prague Asterix Laser System

Литература

1. Great Expectations. Nature, v. 468, pp. 867-868, 16 December 2010
2. T. Tajima (Editor). Report on the ELI Science. May 2009
3. M. Someuh, J.P. Chambaret, G. Mourou. The APOLLON/ILE 10 PW Laser Project. ELI Nuclear Physics Meeting, Bucarest, February 2010
4. G. Korn, P. Antici (Editors). Report on the ELI Grand Challenges Meeting. Paris, December 2009
5. E. Goulielmakis et al. Direct Measurements of Light Waves. Science, v.305, 27 August 2004, pp. 1267-1269
6. D. Habs, M.Gros, N. Marginean, F. Negoita, P. Thirolf, M.Zept (Editors). The Scientific Case of ELI Nuclear Physics, Bucuresti-Magurele, Romania, May 2010

ЦУНАМИ

Михаил Бушев

“Съюзът на физиците в България изразява дълбоката си съпричастност към трагедията на японския народ при катастрофалното земетресение, последвалото го цунами и продължаващите инциденти в ядрената централа Фукушима и изказва съболезнования на семействата на загиналите”
(Из писмото на СФБ до посланика на Япония в България, 18 март 2011 г.)

Земетресението от 11 март 2011 при източните брегове на Япония беше от 9 степен по Рихтер и причини щети за над 100 млрд. щ.д. Породеното от него цунами причини тройно повече щети. Още по-зловеща е статистиката за броя на човешките жертви.

“Цунами” на японски означава “голяма пристанищна вълна”. Днес знаем, че не е точно нито “вълна”, нито “пристанищна”. Но още по-неточни са срещаните понякога названия “приливна вълна”, “сеизмична вълна” и т.п.

Името рядко изразява цялостното съдържание. Със зараждането си то заживява свой живот и непрестанно се попълва с ново съдържание. Така както “атом” отдавна значи много повече от “неделим”.

“Голямата вълна” на Хокусай

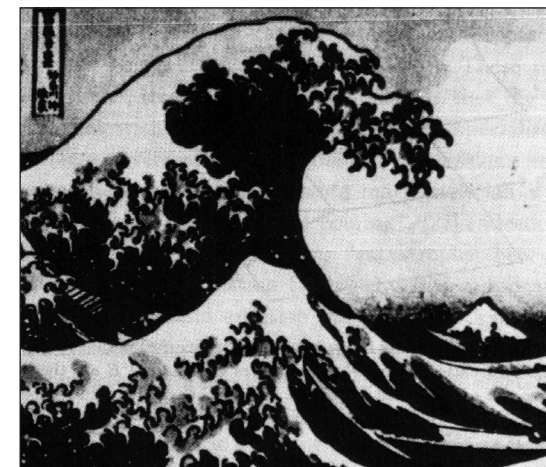
Към средата на 19 в. Европа започва все по-активен търговски и културен обмен с далечна Япония. Японското изкуство на гравюрата привлича вниманието на европейците, а водещи импресионисти като Мане, Ван Гог и Гоген усвояват елементи от това изкуство.

Първият японски художник, станал известен в Европа, безспорно е Хокусай Кацушика (1760-1849). Роден в Едо (сега Токио), Хокусай твори от юношеска възраст до края на дългия си живот в японската традиция на гравюрата и на рисунька върху коприна. Световна известност му донася поредицата от гравюри на дърво, озаглавена “Тридесет и шест изгледа от планината Фуджи” (създадена в периода 1825-1832).

Планината Фуджи е била любовта на живота на художника. Той е бил буквално запленил от този извънредно симетричен вулканичен конус, висок 3776 м, разположен на около 100 км югозападно от Токио и добре видим от града в ясно време.

От цялата поредица създадени от Хокусай изгледи от Фуджи безспорно най-внушителна и заслужено най-известна е картината “Голямата вълна”. На картината белият заснежен конус на Фуджи се вижда като малка детска играчка, попаднала по зла съдба в драконовите лапи на огромна разпенена вълна. Яростният хребет на вълната вече се стоварва върху нещо, което прилича на кораб, а озъбената му паст хищно се е обърнала към обречената Фуджи.

Имал ли е Хокусай реален модел за своята картина? Знаел ли е, че много точно е пресъздал образа на гигантска крайбрежна вълна? Възможно е през дългия си живот художникът да е станал очевиден на цунами от по-скромен мащаб. Но със сигурност е пазел родовата памет за станалото на 28 октомври 1707 земетресение от степен 8,4 по Рихтер. Тогава цунами с височина 25 m поразява западните брегове на Япония. Разрушени са десетки хиляди сгради, а жертвите са около 30 хиляди.



Фиг. 1. „Голямата вълна” на Хокусай (ок. 1830)

Писателят Максим Горки става очевиден на цунами, възникнало на 28 декември 1908 след силно земетресение в Южна Италия. Той пише: “...към небето се издигна огромна вълна с неизмерима височина, с гръдта си закри половината небе и, люлеейки бял хребет, се прегъна, стовари се върху брега и със страшната си тежест в един миг смаза и опустоши целия бряг.”

Кратка история и причинители

Това бедствие е старо като света. В книгата на библейския пророк Еремия (7-6 в.пр.н.е.) е казано: “Морето се надигна над Вавилон, покрит бе под многото му вълни” (Ер. 51:42).

Предполага се, че легендарната Атлантида, описана от Платон в диалозите “Тимей” и “Критий”, е унищожена от цунами, предизвикано от вулканичен взрив в Егейско море: “...невиждани наводнения... за едно денонощие Атлантида изчезва в морската бездна” (“Тимей” 25 d).

На 1 ноември 1755, когато в Лисабон отбелязват католическия празник “ден на всички светии”, изпод земята се чува страшно бучене, мощни тласъци разтърсват града и той за два часа се превръща в куп развалини. Но с това страшните изпитания на Лисабон не свършват. От океана към мястото на разрушенията се понесли разпенени вълни цунами, високи 25-30 m, и помели цялото крайбрежие. Загинали 60 хил. души от Португалия, Мароко и Испания.

Това е второто в света по разрушителност цунами. Причинено е от земетресение с мощност 8.5 по Рихтер. За най-разрушително се смята земетресението от 26 дек. 2004 по крайбрежието на Суматра. То е било 9.1 по Рихтер. Последвалото го цунами стигнало височина 50 m и навлязло 5 km в сушата. Загиват близо 230 хил. души.

Японското земетресение от 11 март т.г. беше с магнитуд 8.9 по Рихтер, като през същото денонощие беше последвано от още 170 вторични труса от степен 5 до 7 и от 10-метрово цунами, което буквално срина източното крайбрежие на най-големия

японски остров Хоншу. Пораженията върху ядрените реактори във Фукушима все още не са овладени.

Сеизмичните трусове не са единствената – макар че са най-честата – причина за цунами. Поради това не е правилно срещашото се понякога название “сеизмични океански вълни”. Вулканичната дейност също може да причини цунами. Най-известно е цунами, възникнало при избухването на вулкана Кракатау в Индонезия на 27 август 1883. Тогава множество вълни с височина 30-40 *m* унищожават няколко града в Суматра и Ява и причиняват гибелта на близо 40 хил. души.

Цунами може да се причинява и от големи земни свлачища. Така например през юли 1958 от южния бряг на Аляска се откъсва огромна маса лед, скали и пръст, която рухва в залива и поражда вълна висока близо 500 *m* (по сведения на очевидци). Тя поглъща няколко острова във фиорда, но релефът не ѝ позволява да навлезе в океански води.

Друга възможна причина за цунами има метеорологичен произход. Достатъчно е атмосферното налягане над океана да се понижи с няколко милиметра и морското ниво в този район се повишава с няколко сантиметра. Това са условия, характерни за циклон, и ако той се задържи по-дълго време и не се премества, в неговия център възниква воден хълм. Ако циклонът рязко се отмести или изчезне, този хълм бързо се спуска и поражда цунами.

Други източници на цунами могат да бъдат падането на метеорит в океана или подводен ядрен взрив.

Виждаме, че названието “сеизмични океански вълни” обхваща само част от явленията на цунами. Първоначално се е говорело също така за “приливна вълна” (tidal wave), което е съвсем невярно, тъй като цунами не възниква периодично и не се развива плавно под действието на космически гравитационни сили.

В хидродинамиката цунами се изучава като “гравитационни вълни в плитка вода”. А във физиката на нелинейните колебания и вълни вече от половин век цунами е част от обширната област на изследвания, наречена “теория на солитоните”.

Цунами влиза във физиката

Дълго време цунами е било обект на изучаване в океанологията, корабоплаването и др. Физиката го разпознава като свой обект доста късно и при това не изведнъж, а с дълги периоди на лутания и открития, които на пръв поглед нямат нищо общо с цунами.

1. Голямата единична вълна на Ръсел

Ретроспективно историята не престава да ни изненадва със своите съвпадения. По времето, когато Хокусай създава своята знаменита поредица “Изгледи от планината Фуджи”, буквално на противоположната страна на земното кълбо шотландският корабен инженер Джон Скот Ръсел (1808-1882) открива явление, което след близо 150 години ще се окаже пряк роднина на “Голямата вълна”. През 1834 Ръсел наблюдава движението по канал на шлеп, теглен от два коня. Целта му била да оцени каква трябва да бъде формата на шлепа при преминаването от конска тяга към парен двигател. В своя “Доклад за вълните” (публикуван през 1844) той описва така своите наблюдения:

“Следях движението на шлепа, теглен бързо по тесен канал от двойка коне, когато шлепът внезапно спря, но водната маса, която той беше задвижил, не се спря. Вместо това тя се събра при носа на шлепа в състояние на бурно движение, след което внезапно се откъсна напред и под формата на голямо единично възвишение, т.е. кръгъл и гладък воден хълм, продължи по канала, без да изменя формата си и без да намалява скоростта си. Яздейки на кон, аз го последвах. Хълмът продължаваше да се движи със скорост 8-9 мили в час, като запазваше първоначалния си профил, беше дълъг около 30 фута и висок около 1.5 фута. След гонитба около 1-2 мили го изгубих в извивките на канала.”

Запленен от красотата на това невиджано явление, Ръсел се залавя да го изучи подробно. Той споделя убеждението си, че “тези големи единични вълни (great solitary waves) са от същия вид като огромните движещи се възвишения на морското равнище, които редовно нахлуват по устията на реките и връхлитат върху крайбрежията”.

Дали Ръсел е мислел за вълната, известна в далечна Япония като “цунами”? Във всеки случай неговото описание на основните свойства на единичните вълни съдържа удивителни догадки за някои от характеристиките на солитоните и на цунами. Той ги резюмира по следния начин:

(а) Скоростта и формата на единичната вълна остават постоянни;

(б) Скоростта v на единичната вълна зависи от дълбочината h на канала и от височината y_0 на вълната по формулата:

$$(1) \quad v = [g (y_0 + h)]^{1/2},$$

където $y_0 < h$ и g е константата на земното ускорение;

(в) По-големите единични вълни достигат по-малките и минават през тях без никакви изменения.

2. Вълни в плитка вода, нелинейност и дисперсия

Откритието на Ръсел било посрещнато с недоверие. Авторитетният кралски астроном Джордж Еъри (1801-1892) посочил (1845), че формулата на Ръсел за скоростта на единичната вълна не следва от теорията на вълните в плитка вода. Вълни в плитка вода са такива вълни, чиято дължина λ е по-голяма от дълбочината h на водния басейн. Както ще видим, “издутината” на цунами в открития океан е с размери 500-800 *km*, така че дори при дълбочина 5 *km* океанът е “плитък басейн” за единичната вълна. По онова време обаче този факт още не е бил изяснен. А скоростта на единичната вълна действително е тази, която Ръсел извежда от своите наблюдения (вж. по-долу).

До края на 19 в. обаче вълните на Ръсел остават с неизвестна природа. Съществуващата по това време теория разглежда предимно линейни вълни, т.е. вълни, чиято форма и скорост на разпространение не зависят от амплитудата. Вълните с достатъчно малка амплитуда са линейни. При тях е валиден принципът на суперпозицията.

С увеличаването на амплитудата формата и скоростта на вълната започват да зависят от амплитудата. Вълната става нелинейна. Суперпозицията изчезва.

Формата на вълните може да се изменя не само вследствие на нелинейността. Известно е, че вълните с различна дължина се разпространяват, изобщо казано, с различни скорости. Това е явлението дисперсия. Връзката между скорост и дължина на вълната е известна като дисперсионен закон.

Благодарение на дисперсията една издупина върху повърхността на течността бързо се разпада на отделни вълни с различна дължина, разсейва се и изчезва. Не е така обаче, когато се намесват ефектите на нелинейността. Последните правят издупината по-стръмна и така компенсират ефектите на дисперсията.

Единичната вълна на Ръсел се ражда от противоборството на дисперсията и на нелинейността. (Казват, че вълната на Ръсел се ражда между Сцила на дисперсията и Харибда на нелинейността.)

3. Уравнение на Кортевег-де Фриз

Едно от най-силните цунами е връхлетяло бреговете на Япония през 1896. Върху островите се стоварват вълни с височина до 30 m. Загиват близо 30 хил. души. А малко преди това е отпечатана една статия на двама холандски учени. Едва ли някой от читателите на статията е можел да се досети, че тази типично математическа работа може да има пряко отношение към бедствието, постигнало Япония по същото време. Солитонната теория на цунами възниква едва 70 години по-късно.

За пръв път идеята да се опише разпространението на вълни при едновременното отчитане на ефектите на нелинейност и дисперсия е осъществена в уравнението на холандския учен Дидерик Кортевег и неговия ученик Густав де Фриз. През 1895 те стигат до относително просто уравнение за вълни в плитка вода ($\lambda > h$), с което се моделира поведението на вълната на Ръсел. По-късно се оказва, че това уравнение, станало известно като “КдФ уравнение”, описва не само вълни в плитка вода, но и много други видове вълни.

Според уравнението КдФ формата на вълната $y(x,t)$ в момента t и на разстояние x от една начална точка по хоризонталната ос е:

$$(2) \quad y_t + v_0 [y + (3/4h)y^2 + (h^2/6)y_{xx}]_x = 0,$$

където v_0 е скоростта, $v_0 = (gh)^{1/2}$, h е дълбочината на басейна, а индексите t и x при функцията $y(x,t)$ означават частни производни от ред, съответстващ на техния брой.

4. Солитони

Решението на уравнението КдФ е:

$$(3) \quad y(x,t) = y_0 / \text{ch}^2[(x - vt)/l],$$

където ch е хиперболичен косинус, l е “ширината”, пропорционална на λ , а

$$(4) \quad v = v_0 [1 + (y_0/2h)]$$

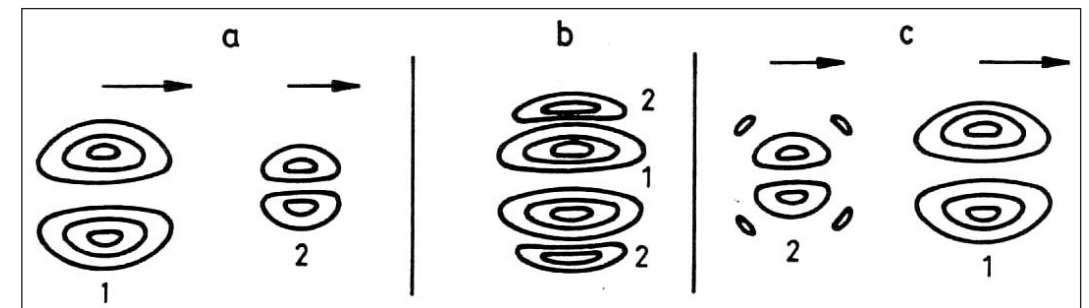
е скоростта на движението на физически обект, който вече половин век е наричан “солитон”.

Нека си спомним формулата на Ръсел за скоростта на “хълма” (формула 1). При достатъчно малка амплитуда $y_0 \ll h$ този израз преминава точно в израза за скоростта на солитона (4). Действително:

$$v = [g(y_0 + h)]^{1/2} = (gh)^{1/2} [1 + y_0/2h] = v_0 [1 + (y_0/2h)].$$

Солитонът е локализирано възбуждане на флуида (или най-общо на средата; а тя може да бъде плазма, кристал, феромагнит, свръхпроводник и още много други). Солитонът прилича на своеобразна деформируема частица. Това ясно проличава от моделите на стълкновения между солитони. През 1965 американските математици М.Крускал и Н.Забуски изучават компютърен модел на стълкновения между единични вълни и се убеждават, че те повече приличат на частици, отколкото на вълни. Затова премахват думата “вълна”, а от “единична” (solitary) съставят думата “солитон”. Те търсят съзвучие с познатите елементарни частици електрон, протон и т.н. (Всъщност първоначално го наричат “солитрон”, но се оказало, че има фирма с такова име и в последния момент малко поизменили названието.)

Да си представим две хълмчета върху гладка водна повърхност. Те се движат в една посока, като по-големите настигат по-малките, минават през тях и после двете продължават нататък, без формите им да се изменят. Такова е типичното движение на солитони (Фиг. 2) и то е описано от Ръсел.



Фиг. 2. Солитоните се разпространяват без деформация. (а) По-големият солитон се движи по-бързо от по-малкия; (б) настига го и те се сблъскват; (в) отминава напред, без формите им да се изменят.

В уравнението на КдФ ефектите на дисперсията се определят от члена с втората производна по x , а тези на нелинейността – от члена, съдържащ y^2 .

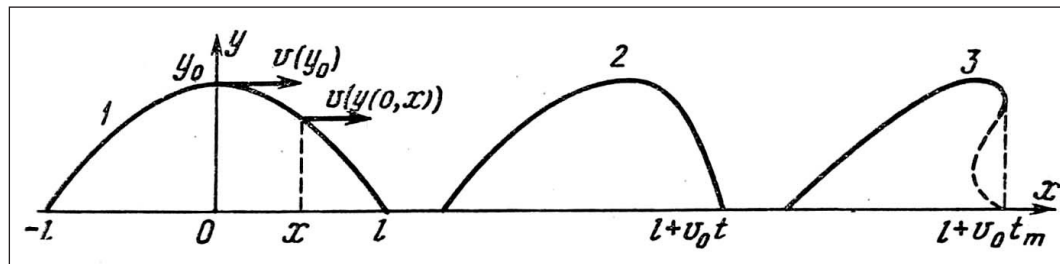
Да видим как влияе само нелинейността върху формата на воден хълм с ширина

при основата $2l$ и с височина на върха y_0 (Фиг. 3а) За точка с височина y скоростта е:

$$(5) \quad v(y) = v_0[1 + 3y/2h],$$

така че най-ниска ще бъде скоростта на предния фронт на хълма, а именно $v = v_0$, докато най-бързо се движи върхът му, чиято скорост е

$$(6) \quad v(y_0) = v_0[1 + 3y_0/2h].$$



Фиг. 3. Преобръщане на нелинейна вълна

Поради това в един следващ момент предната част на хълма ще стане по-стръмна (Фиг. 3,б) и по-късно вълната ще се преобръне (Фиг. 3,в).

Нелинейността увеличава скоростта на върха на хълма с величина от порядък $v_0 y_0/h$. От друга страна дисперсията забавя това движение с величина от порядък $v_0 h^2/l^2$.

Компенсацията на двата ефекта се определя от равенството на тези две поправки. Точното условие за тяхната компенсация се определя от величината:

$$(7) \quad S = 3 y_0 l^2/4h^3,$$

известна като “параметър на Стокс”; тя е била известна още на Джордж Стокс (1819-1903) – един от основателите на съвременната хидродинамика. Ако големината на параметъра S е чувствително по-голяма от единица, то за достатъчно плавен хълм с височина y_0 и ширина $2l$ основна роля ще играят ефектите на нелинейността. Хълмът ще се деформира и най-вероятно ще се разпадне на няколко солитона. Ако $S < 1$, преобладава дисперсията и хълмът постепенно се “разлива”. При $S \approx 1$ ефектите на нелинейност и дисперсия се компенсират. Това е условието за устойчиво движение на водния хълм, който се превръща в истински солитон с формата, определена от решението (3).

5. Цунами като океански солитони

Повечето цунами имат солитонен произход. Най-често цунами възниква, когато достатъчно голям, но безвреден в открития океан солитон се изхвърля върху брега.

Цунами е много типичен и твърде опасен вид солитон. Средният му напречен размер може да превишава 500 km , но даже за по-малък солитон океанската дълбочина от около 5 km може да се смята “плитка вода”. Височината на солитона в океана е неголяма, не повече от 10 m , а най-често само няколко метра, така че образувалата се плавна гърбица не може даже да се забележи. Средната скорост на солитона далеч от брега е $v_0 = (gh)^{1/2}$, така че за дълбочина $h = 5 \text{ km}$ се получава скорост около 800 km/ч. , т.е. близко до скоростта на реактивен самолет.

При доближаване до брега солитонът намалява скоростта си, но едновременно става по-тесен и по-висок. Височината в плитка вода y_s (s – shallow) расте спрямо височината в по-дълбока вода y_d (d – deep) по формулата:

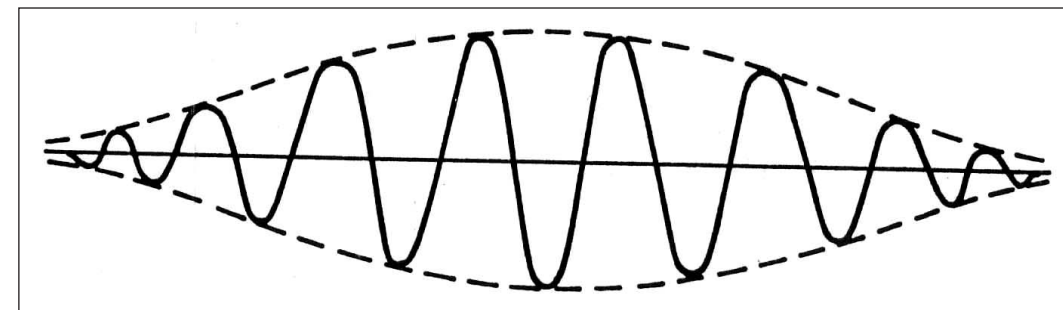
$$y_s = y_d(h_d/h_s)^{1/4}.$$

Когато височината на солитона y_0 стане сравнима с дълбочината h , нелинейността вече преобладава (вж. формула 7) и се стига до “преобръщане” на вълната.

6. Групов солитон, чудати вълни и солитони на Ръсел – КдФ

В океана се раждат и пътешестват най-различни солитони. Безкрайно разнообразният и сложен океан е естествена среда за тяхното съществуване. Някои океански солитони са добре изучени, а за други сигурно дори не се досещаме, че съществуват.

Един особен тип солитон е свързан с групите вълни, предизвикани от вятър над дълбока вода. (Фиг.4). Макар тези групи да са известни от древни времена, отговор на въпроса защо вълните се събират в групи отчасти е даден едва през 1967 (Т. Беджамен и Дж. Феър). Оказва се, че в дълбока вода периодичната вълна е неустойчива и е склонна да се разбива на групи от вълни. Намерено е уравнението, описващо такива групи (В.Е.Захаров, 1968), а малко след това е показано, че те имат всички свойства на истински солитони. Обвивката на групата вълни прилича на модулирана радиовълна и притежава обичайната форма на солитон, поради което се нарича “групов солитон”.



Фиг. 4. Група вълни, чиято обвивка е солитон

Самите вълни под обвивката се движат с различна скорост, а формата на обвивката се описва от израза

$$(8) \quad y(x,t) = y_0 / \text{ch}[(x - vt)/l].$$

Размерът $2l$ на този солитон се определя от неговата амплитуда y_0 , но скоростта му v не зависи от амплитудата. Това е неговото основно различие от солитона на Ръсел – КдФ, докато във всички други отношения те са твърде близки.

Обикновено под обвивката се съдържат около 14 до 20 вълни, като средната е най-висока. Това обяснява отдавна известното на моряците правило, че най-високата вълна в групата е от седма до десета (откъдето иде изразът “деветият вал”). Солитоните с по-голям брой гребени на носещата вълна са неустойчиви и се разпадат на по-малки. Солитонът на Ръсел – КдФ възниква във физически системи, в които вълните са слабо нелинейни и слабо дисперсни. Формата му се определя от компенсацията на нелинейността и дисперсията. Ако първоначалният импулс се разпадне на няколко солитона, те всички се движат в една посока със скорости, пропорционални на височината им, а ширината на всеки от тях е обратно пропорционална на корен квадратен от височината (амплитудата) му. При стълкновения тези солитони обменят енергия подобно на еластични топки.

Почти същото поведение има груповият солитон. Той обаче възниква в слабо нелинейна, но силно диспергираща среда. Ширината му е обратно пропорционална на амплитудата, а скоростта му не зависи от амплитудата. Груповият солитон е твърде сложен и не е така добре изучен. Твърде възможно е той да е свързан с т.нар. “чудати вълни” (freak waves), които възникват в открит океан и без видими външни причинители, подобни на причинителите на цунами (срв Д.Динев, “Тигантските морски вълни”, СФ 1/11).

Вълни и солитони могат да възникват не само на водната повърхност. Океанските дълбочини са твърде нехомогенни, в тях съществуват водни пластове с различна температура, плътност, соленост. Често пъти границата между такива пластове е твърде рязка и образува разделителна повърхност. По такава повърхност, така както по разделителната повърхност между водата и въздуха, възникват вълни и солитони, които могат да се окажат твърде опасни. Тяхната изненадваща поява в спокоен открит океан може да е свързана с възникването им под повърхността и разпространение по подводна разделителна повърхност. Може би именно такива солитони представляват някои от възникващите в спокоен открит океан “вълни-убийци”, причиняващи загадъчни катастрофи с кораби и подводници.

Цунами – прогнози и превенция

Прогнозирането на цунами е в най-голяма степен свързано с прогнозирането на неговите причинители. Това не е много обнадеждаващо обстоятелство, тъй като основните причинители – земетресенията, вулканите, свлачищата и падането на метеорит – сами по себе си не подлежат на надеждно прогнозиране.

От друга страна съществуват някои предвестници за възникването на цунами в открит океан, благодарение на които могат да се правят краткосрочни прогнози. Пови-

шеното ниво на океана в областта на зародилото се цунами е относително твърде малко – от порядък на 1 m – в сравнение с твърде голямата дължина на вълната (сто-тици километри). Това означава извънредно малка стръмнина на “издутината”, която практически е незабележима за човешкото око. Съществуват обаче акустични сензори за регистриране на морското ниво, които измерват неговите изменения с точност 1 mm . Тези системи действат стационарно (Фиг. 5).

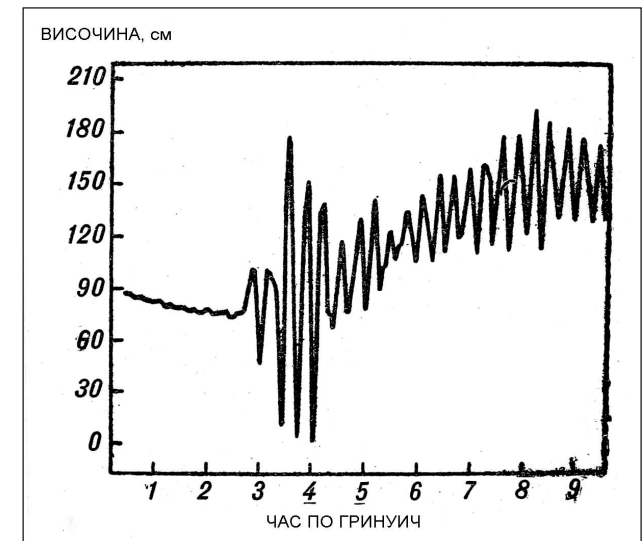
Алтиметрите, разположени на спътници, измерват океанското ниво директно посредством електромагнитни импулси. Те обаче отчитат нивото само периодично (например веднъж месечно) при преминаване на спътника над определен район, което е твърде недостатъчно при скоростта, с която се движи цунами (при японското земетресение от 11 март цунами стига до брега само 9 минути след първия трус).

Друга система от сензори за налягането при океанското дъно позволява да се регистрира преминаването на цунами. (Налягането на водната колона е свързано с височината на океанската повърхност.) Самото предупреждение се предава чрез спътникова радиовръзка.

Възникването на цунами води до колебания на въздушните маси над океана. Атмосферните вълни се разпространяват два пъти по-бързо от цунами и могат да се регистрират с уреди – микробарографи, – които показват измененията на атмосферното налягане. С подобни уреди (използвани също при регистрацията на ядрени взривове) се улавят въздушни вълни на много големи разстояния от огнището на цунами.

Най-после за населението по рисковите крайбрежия съществуват ред признаци, които предизвестяват приближаването на цунами. Това е преди всичко ясно различимият отлив на океана от крайбрежието. В такъв случай хората на сушата трябва да търсят убежище на близки височини, а корабите трябва да пускат котва навътре в океана.

Като дългосрочна превенция на цунами може да се посочат мерките за увеличаване на триенето, което изпитват солитоните на Ръсел – КдФ и груповите солитони. Триенето едновременно забавя движението и намалява амплитудата по експоненциален закон – пропорционално на $\exp(-t/\tau)$. Времето на живот на солитона τ е обратно пропорционално на триенето, така че човек вероятно ще може в крайна сметка да нахлузи усмирителна риза на бедствието, наречено цунами.



Фиг. 5. Образец на запис на изменението на морското ниво, предизвикано от цунами

БОЗОНИТЕ НА ХИГС И ОБЕДИНЯВАНЕТО НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯТА

М. Н. Дубинин, А.Н.Никитенко

Въведение

Известно е, че заобикалящият ни свят “се управлява” от четири типа взаимодействия:

1) електромагнитното взаимодействие (неговите свойства технически се използват в радиото и телевизията, радио- и мобилните връзки, радиолокацията, енергетиката, лазерите);

2) силното взаимодействие (“отговорно” за горенето на Слънцето и звездите, атомната енергетика, ядреното и термоядреното оръжие);

3) слабото взаимодействие (“отговаря” за разпада на частиците, например бета-разпада на неутрона в протон, електрон и антинеутрино, синтеза на тежките елементи в звездите);

4) гравитацията (взаимното привличане на всички материални тела).

Понастоящем можем в достатъчна степен да “управляваме” само електромагнитните, а в някаква неголяма степен да използваме свойствата на силните взаимодействия, което не можем да кажем за разпадите на частиците или за гравитацията. Откъде се взеха тези взаимодействия, защо са именно четири, и как да си обясним разликата в техните свойства? Известно е, например, че електромагнитната “константа на връзката”, характеризираща силата на притегляне или отблъскване между електричните товари, се различава с десетки порядъци от гравитационната константа на връзката, характеризираща привличането между тела с маса. Отговорите на тези въпроси биха могли да доведат до осъзнаването на принципно нови възможности за развитие на нашата цивилизация в сравнение с последствията от ролята, която изигра възникването на електромагнетизма в средата на XIX век. Като такива възможности могат да се споменат новите източници за енергия, пряката трансформация на едни химични елементи в други, създаването на изкуствени силови полета с предварително зададени свойства, създаване на пространствени области, в които известните понастоящем физични закони са видоизменени.

Обединяването на квантовата теория с теорията на относителността в средата на миналия век доведе по естествена начин до представата за взаимодействащи квантови полета и свързаните с това частици. Да си представим две разположени на разстояние заредени частици, които се привличат или отблъскват (в случая знаците на техния заряд са без значение), и да започнем да местим едната от тях. Електромагнитната сила, с която едната частица взаимодейства с втората, не може да доведе до моментално изменение на местоположението на втората, понеже съгласно теорията на относителността,

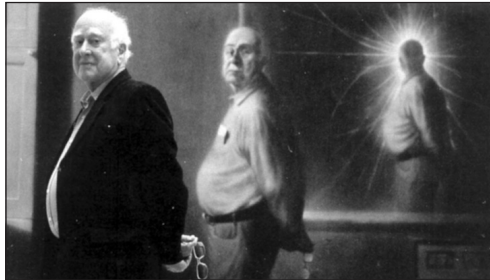
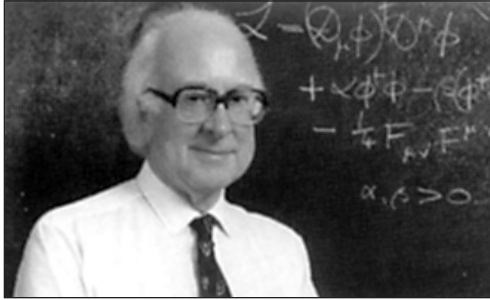
нито един сигнал не може да се разпространява със скорост по-голяма от скоростта на светлината. Раздвижената от нас частица става източник на свързаното с нея електромагнитно поле, което пренася през пространството енергия и по такъв начин влияе върху състоянието на другата частица. Според квантовата теория енергията може да бъде пренасяна само на дискретни порции (кванти), които следва да се интерпретират като частици, предаващи силата на взаимодействие. В квантовата теория на полето взаимодействието на едни частици – източник на полета (електромагнитни, слаби и силни) се свързва с обмяната с други частици – преносители на взаимодействието. В случая на взаимодействие на електрични товари (например, електрони) преносители са фотоните (γ -квантите на електромагнитното поле).

Таблица 1

Фундаменталните частици и преносителите на взаимодействия между тях:

Взаимодействия	Какви частици участват	Частици-преносители
Електромагнитни	Лептони e, μ, τ и всички кварки	Безмасовите фотони γ
Слаби	Всички лептони и кварки	Масивните бозони W, Z
Силни	Всички кварки u, d, s, b, t	8 безмасови глюона
Гравитация	Всички масивни частици	Безмасовият гравитон

Да напомним, че освен електроните (e), в природата съществуват и електрично заредени по-тежки частици – мюонът (μ) и тау-лептонът (τ), също участващи в електромагнитните и слаби взаимодействия. Всяка от тези частици има частица-партньор – почти безмасовите *неутрина*, като разновидностите на неутрино в природата са три: ν_e, ν_μ, ν_τ . Като допълнение към електрона, мюона, тау-лептона и съответстващите им три вида неутрина (тази шесторка частици се наричат с общото име *лептони*) в природата съществуват дробнозаредените кварки от шест типа, обикновено обозначавани със символите u, d, s, b, t , със силно различаващи се маси. Най-леките измежду тях u и d с товари $2/3$ и $-1/3$ образуват свързаното състояние $(uud) = p$ с товар $2/3 + 2/3 - 1/3 = 1$ и $(udd) = n$ с товар $2/3 - 1/3 - 1/3 = 0$, които са добре известни като протони и неутрони, съставляващи атомното ядро. В съответствие с представата за кварките като частици определящи структурата на адроните, слабите взаимодействия между електроните, мюоните, неутрино и кварките се пренасят от тежките частици, наречени *W-бозони* и *Z-бозони*. W-бозонът има електричен товар $+1$ или -1 , равен по големина на товара на електрона, а Z-бозонът е електрично неутрален. Силните взаимодействия между дробнозаредените кварки се пренасят от безмасови частици, наричани *глюони*. Например, u и d вътре в протона се привличат един към друг, обменяйки непрекъснато глюони. Съществено е, че различието в масите в семейството на шестте кварка е огромно. Например, най-тежкият



Питър Хигс

кварк t има маса 35000 по-голяма, отколкото лекият кварк u . Масата на електрона e е 3500 пъти по-малка от масата на тау-лептона τ . Още по-впечатляваща е разликата между масата на неутрино и зареденият лептон, например масата на неутрино ν_e и тау-лептона τ се различава приблизително 10 милиарда пъти. Обкръжаващата ни Вселена се състои от частици със сравнително неголеми маси, а именно от електрони e , електронни и мюонни неутрина ν_e и ν_μ , фотони γ и два типа “леки” кварки u и d , чиито маси са най-малките измежду всички съществуващи “шесторки” от кварки. Останалите лептони и кварки са значително по-тежки и притежават много малки времена на живот и практически веднага се разпадат в леки кварки, лептони, фотони и неутрино. Те бяха получени изкуствено на ускорители на частици.

Откъде се вземат масите на лептоните и кварките и как може да се обяснят огромните разлики в масите им? Този въпрос е толкова обоснован, колкото вече поставеният за произхода на разните типове взаимодействия и огромната разлика в тяхната сила.

За да се обясни възникването на лептонните и кваркови маси, както и на преносителите на слабото взаимодействие W - и Z -бозоните, са необходими допълнителни частици, които са наречени по името на техния “изобретател” Peter Higgs *частици на Хигс*. Теорията на електрослабото взаимодействие изисква съществуването на един електрически неутрален бозон на Хигс (H), но не е изключено те да бъдат и повече. Откриването на бозона на Хигс е една от основните задачи на експериментите на колайдера LHC. Неговото установяване съвсем не е проста задача по две причини: първо, той е слабо свързан с лептоните и кварките, поради което много рядко се ражда при сблъсквания на снопове в ускорителите частици; и второ, масата на Хигс-бозона е неизвестна (в смисъл, че теоретичите не могат да я предскажат). Затова се налага да се моделира нейното раждане при всевъзможни стойности на масите, което е значително по-сложно, отколкото тя да се търси при определена стойност. Заедно с това експерименталното наблюдение на бозона на Хигс и измерването на неговите характеристики ще има огромно значение за съвременната физика.

Чисто математически, теорията с участието на бозоните на Хигс беше демонстрирана още през 1970-те години, с успешното теоретично описание и предсказване на свойствата на W - и Z -бозоните, които впоследствие, през 1980-те години, получиха своето експериментално потвърждение. Същевременно, дълбокото разбиране на физиката, стояща зад бозоните на Хигс, е далеч от яснота. Тук най-същественото

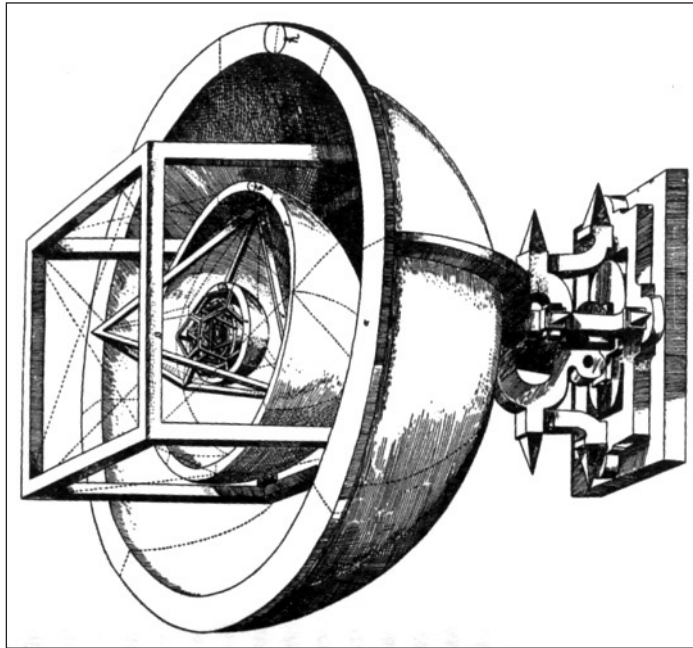
предположение е, че цялата Вселена е запълнена със скаларно поле с огромна напрегнатост и необикновени свойства. Масата на лептоните и кварките възниква за сметка на взаимодействието с това поле. Да напомним, че съгласно специалната теория на относителността безмасовите частици (например фотоните) се пренасят със скоростта на светлината, докато масивните частици не могат да достигат тази гранична скорост. Скаларното поле на Хигс, запълващо цялото пространство, може да “забавя” определени типове взаимодействия с нея частици, подобно на въздуха, който забавя движението на изстреляния от оръдието снаряд. Такъв тип частици, които по своята природа са безмасови, вследствие на взаимодействието с полето на Хигс ще се движат по-бавно от скоростта на светлината и ще изглеждат като масивни. Другите типове частици, които не взаимодействат с полето на Хигс (например, “стерилните” относно хигсовското поле фотони) няма да се “забавят” и ще останат безмасови.

В същото време въпросът за източниците на хигсовото поле остава открит, както и проблема за съвместимостта на огромната плътност на нейната енергия със съвременните космологични представи. В съответствие с общата теория на относителността огромната плътност на енергията може да повлияе силно на геометрията на пространство-времето, което би могло да бъде добре наблюдаемо явление.

Поучително е да си спомним, че представата ни за материята, която запълва цялото пространство, за пръв път беше формулирана в началото на миналия век. До тогава практически нищо не беше известно за строежа на атомните ядра и елементарните частици, т.е. за силното и слабо взаимодействие. Бяха известни само гравитацията и електромагнетизмът. Според концепциите от този период, в запълващата цялото пространство среда (етер) се разпространяват електромагнитните вълни на светлината от отдалечени звезди, които се регистрират на Земята в експерименти с особено чувствителни уреди (така нар. интерферометри), за да се измери влиянието на движението на Земята по нейната орбита върху скоростта на идващата от звездите светлина. Въпреки че концепцията за етера се оказва нереалистична, експерименталните и теоретични работи, проведени във връзка с нея, водят до създаването на специалната теория на относителността, станала едно от главните постижения в историята на световната наука.

За теорията на Великото Обединение. Принципите на симетрия през всички времена са играли основна роля за обяснение на основите на света. През Средните векове Йохан





Фиг. 1.

Кеплер построява модел на Слънчевата система [1], използвайки симетрични относителни въртения в тримерното пространство (тоест правилните) многостени. В онези времена нищо не е било известно нито за галактиките, нито за космичното излъчване, а най-отдалечената от Слънцето известна планета е била Сатурн. Кеплер пише: "...Орбитата на Земята е мяра за всички орбити. Нека около нея опишем додекаедър. Описаната около него сфера ще бъде сферата на Марс. Около сферата на Марс да опишем тетраедър.

Описаната около тетраедъра сфера е сферата на Юпитер. Около сферата на Юпитер да опишем куб. Описаната около куба сфера ще бъде сферата на Сатурн. В сферата на Земята да вместим икосаедър. Вписаната в нея сфера ще бъде сферата на Венера. В сферата на Венера да вместим октаедър. Вписаната в нея сфера ще бъде сферата на Меркурий..." (фиг. 1). В рамките на модела на Кеплер светът се определя от симетриите на пет многостена, около които могат да се построят шест сфери, затова теорията обяснява произхода на броя на планетите, които са точно шест, а разстоянията между сферите обясняват разстоянията между планетите и тяхната равноотдалеченост от Слънцето.

Въпреки че впоследствие се изяснява, че моделът на Кеплер не съответства на наблюдаваното движение на планетите, понеже кръговата симетрия на орбитите на планетите малко се нарушава (планетите се движат по елипси), използваните в него принципи на симетрия за обяснение на устойчивостта на света запазват своята актуалност стотици години след това и до днес. Вместо въртения на многостени в тримерното пространство, трансформиращи тези тела сами в себе си, в наше време за описание на фундаменталните частици трябва да се разглеждат (наистина, математически доста по-сложно) въртения във "вътрешни" пространства. Те са образувани от набора на частиците, които запазват неизменна математическата функция, определяща енергията на създаването от частиците полета. Структурата на математичните обекти, описващи въртенията (това са матрици, реализиращи представянията на групите на "вътрешните" симетрии, чиито елементи са комплексни функции), позволяват да се определят

колко ще бъдат съответстващите им фундаментални частици и частици, преносители на взаимодействията. По този път през последните тридесетина години бяха постигнати големи успехи в разбирането на природата на взаимодействията и произхода на масите на частиците. Бяха създадени теории на силното и слабо взаимодействие, и нещо повече – електромагнитните и слабите взаимодействия бяха обединени в единно електрослабо взаимодействие. Успехът на обединяването на теориите: електричното и магнитното в електромагнетизъм, а електромагнитното и слабото в електрослабо, доведе до идеята за обединяване на електрослабото и силно взаимодействие в единната теория на Великото обединение. В този случай наблюдаваните от нас електромагнитни, силни и слаби взаимодействия на частиците са всъщност различни прояви на едно фундаментално взаимодействие, чиято сила се характеризира с единна константа на връзката α_{GUT} . На много малки разстояния (по-малки от 10^{-29} см) това взаимодействие притежава съвършена симетрия, когато неутриното, заредените лептони и кварките участват в тях еднакво и са напълно неразличими помежду си. Тази симетрия позволява да се говори за "прачастица" (или вектор (мултиплет) във въображаемото пространство на частиците, чиито компоненти представляват фундаменталните частици), различните състояния на която впоследствие стават неутриното, заредените лептони и кварките.

Добре известна илюстрация на такъв род представяне представлява системата от протон и неутрон, които са и горната, и долната компоненти на единия от мултиплетите, наречен нуклон. При въртене в така нареченото изотопично пространство протонът и неутронът могат да преминават един в друг, първоначално отличавайки се по проекцията на изотопичния спин. Силните взаимодействия не могат да различат протона и неутрона, които притежават точна симетрия относно въртения в изотопичното пространство.

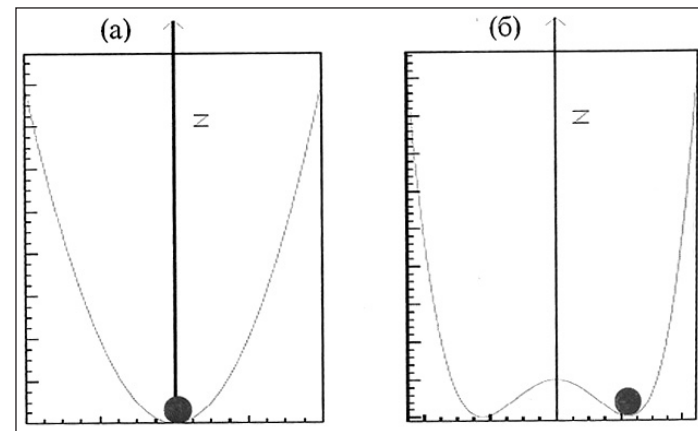
На съществено по-големи разстояния (от порядъка на 10^{-15} см), достъпни в експериментите на LHC, вече не съществува универсалната константа на връзката α_{GUT} , а взаимодействието на частиците – както вече беше казано – се разделят на три вида. Електромагнитните взаимодействия се пренасят от безмасовите фотони, слабите – от масивните векторни бозони W, Z, а силните – от безмасовите глюони. И техните константи на връзки се различават силно. По такъв начин, първоначално съвършената симетрия за "прачастицата" на разстояния от порядъка 10^{-29} см, (или другояче казано – при енергии от порядъка 10^{15} GeV), в области на по-малки енергии трябва да бъдат разрушена, за да бъдат описани разните взаимодействия. За нарушаването на симетрията в теорията трябва да бъдат въведени бозоните на Хигс. На тях съответства скаларно поле, което запълва цялото световно пространство и има нетривиална зависимост на енергията от амплитудата на полето, когато състояние с минимална енергия (т.нар. вакуум) се достига при стойност на полето не равна на нула (вж. по-нататък – фиг. 2 и обяснението към нея). В табл. 2 са показани известните понастоящем взаимодействия и статус на тяхното теоретично описание. Смята се, че квантовата теория на взаимодействията е налична, когато е зададена функцията на Лагранж за полето и наблюдаемите величини се изразяват с функции с крайни значения.

Таблица 2

Взаимодействия	До 1970	Днес	В бъдеще
Електромагнитно	Квантова теория	Единно електро-слабо взаимодействие.	Велико обединение
Слабо	Няма теория	Квантова теория	
Силно	Няма теория		
Гравитационно	Класическа теория	Класическа теория	Квантова теория

Представата за нарушение на симетриите в природата е напълно естествена. Да вземем, например, златна монета. Отделните атоми на златото, от която тя се състои, са сферично симетрични. Трудно е да се различи отделно взет атом на злато от подобен, но обърнат “с краката нагоре”. Това е така защото ядрото и “лечащите” около него електрони не фиксират никаква избрана посока в пространството. Едновременно с това златната монета пада или на “ези”, или на “тура”. По такъв начин, при обединяване на голям брой атоми на златото в монета сферичната симетрия на първоначално взетите обекти (атомите) се нарушава.

Представата за нарушаване на симетрията на състояния с минимална енергия се включва по естествен начин в рамките на приетата понастоящем концепция за възникване на Вселената в резултат на Големия взрив при огромни температури от порядъка на $10^{27}K$. Всички частици и античастици, включително и Хигс-бозоните, калибровъчните бозони и фермиони, също и безмасовите, са образувани след взрива, като броят на частиците и античастиците е еднакъв. Това съответства на съвършена симетрия на хигсовския потенциал (вж. фиг. 2,а). В хода на разширение и охлаждане на системата частици потенциалът изменя формата си и образува нови състояния с минимална енергия, в резултат на което хигсовското поле се видоизменя, придобивайки постоянна



Фиг. 2.

съставляваща “преминавайки в кондензат” (фиг.2,б). При появяване на кондензата във вид на капки вода физическите свойства вътре в тези капки се изменят критично. Както се казва, протича фазов преход от първи род.

На фиг.2,а механичната система на топчето в съда без плоско дъно, изобразяваща хигсовския потенциал, е огледално симетрична

относно оста z . В положение на дъното на съда топчето има минимална потенциална енергия и неговото отместване наляво или надясно увеличавана неговата енергия. Отклонението на топчето наляво или на дясно по оста z съответства на напрегнатостта на скаларното поле. Хлъзгайки се обратно, топчето ще извърши известни трептения в близост до минимума. На фиг. 2,б, долната част на съда се превръща в “дъно на бутилката”. Положението на топчето, близко до оста z , става неустойчиво и то спонтанно се смъква направо в жлеба на “дъното на бутилката”. При това системата губи огледалната си симетрия, а хигсовското поле (което съответства на трептенията на топчето в жлеба) се разделя на две скаларни полета. Едното от тях има постоянна компонента (постоянната компонента по оста z до жлеба обикновено наричат “вакуумен кондензат”) и променлива в радиална посока компонента (точно на това поле съответства масивният хигсов бозон). Другото скаларно поле няма постоянна компонента и се мени по допирателната към жлеба (т.е. перпендикулярно на повърхността на страницата, и на това поле съответства безмасовия “голдстоуновски “ бозон). При високата температура след Големия взрив хигсовският потенциал е симетричен (фиг. 2,а), след това при охлаждането на образуваната Вселена той нетривиално еволюира и придобива форма, съответстваща на фиг. 2,б. Фермионите и калибровъчните бозони придобиват маса за сметка на появилата се постоянна компонента на скаларното поле (“вакуумният кондензат”).

Подобно на тази аналогия, при охлаждане на “симетричната” ранна Вселена в нея възниква разширяващ се сферичен “мехур”, вътре в който е нарушена симетрията на състоянието с минимална енергия, а най-същественото следствие от това е възникването на маса на частиците и изменение на физическите закони на техните взаимодействия. Възникването на масите нарушава съвършената симетрия на единното взаимодействие, в резултат на което различните компоненти на мултиплета на “прачастиците”, дотогава еднакви, се видоизменят в различни кварки и лептони. Появяването на маси при бозоните преносителите на силните взаимодействия отговарят за разликата в силата на електромагнитното и слабо взаимодействия на големи разстояния. На много малки разстояния или при повторно разгорещаване до много високи температури масите изчезват, преносители на слабите и електромагнитните взаимодействия стават еднакво ефективни вследствие възстановяването на съвършената симетрия. Много съществено е, че при разширението “мехурите” в близост до стените им протичат процеси, които могат да бъдат описани само в квантовата теория, допускаща изчезването на античастиците. В резултат в нашата Вселена отсъстват обекти, състоящи се от антиматерия.

Първият реалистичен модел на обединение на електромагнитното и слабо взаимодействия на лептоните (електрона и съответстващото му неутрино), в който бяха използвани много от елементите на изложената до тук идеология, беше предложен от Ш. Глешоу, С. Уйнбърг и А.Салам към края на 60-е години на миналият век. Този модел включва две комплексни скаларни полета, които след спонтанно нарушаване на симетрията на потенциала на взаимодействие водят към един хигсовски бозон. Съответен механизъм на генерация на маси на електрона и промеждутъчните векторни

бозони W и Z, които пренасят слабото взаимодействие, беше предложен от английския теоретик Питър Хигс през 1964 г. и почти едновременно и независимо от Браут, Енглерт, Гуралник, Хаген и Кибл. Бозонът на Хигс би трябвало да се ражда при сблъсквания на снопове протони и да може да бъде наблюдаван в детекторите за частици.

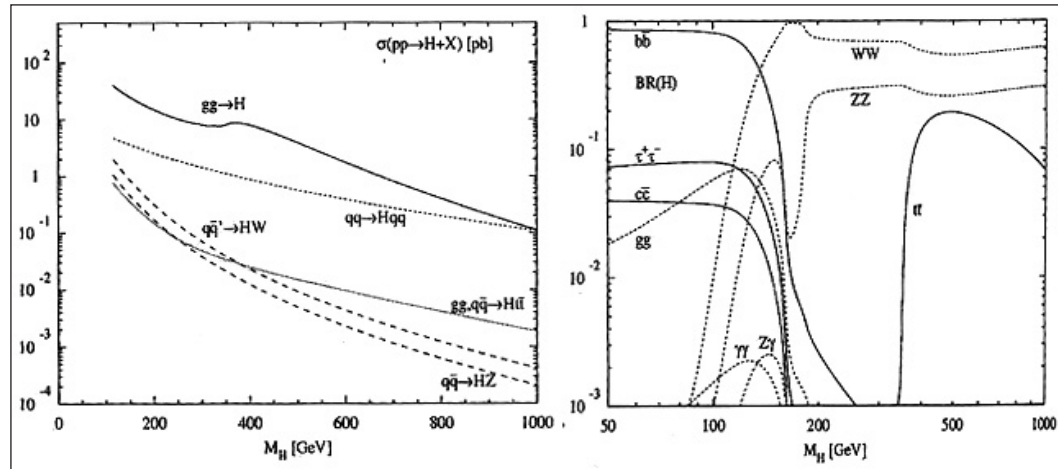
Несъмненият успех на модела на Глешоу-Уйнбърг-Салам след отиването и включването в него на трите поколения лептони и кварки, експерименталното наблюдение на неутралните токове, преносителите на слабите взаимодействия W– и Z-бозоните и преносителите на силните взаимодействия – глюоните, не може да бъде считан за завършен, понеже бозонът на Хигс до настоящия момент не е наблюдаван в експерименти. Това не стана нито на колайдера LEP2 (ЦЕРН, Швейцария) при насрещни електрон-позитронни снопове с максимална енергия 220 GeV, нито на колайдера Tevatron (Фермилаб, САЩ при насрещни протон-антипротонни снопове с максимална енергия 1960 GeV). Бозонът на Хигс е единствената неуловима частица в този така сполучлив модел на взаимодействия на фундаменталните частици, но отсъствието на експериментална информация за нейните свойства не позволява да се направят никакви определени заключения за природата на хигсовския потенциал, неговата космологична еволюция, свойствата на фазовите преходи от свръхплътна многочастична среда след Големия взрив към наблюдаваната астрофизична картина с ниска плътност на частиците във Вселената, механизмите на генериране на излишък от частици над античастиците (т.нар. барионна асиметрия) във Вселената и др. Последните експериментални данни достатъчно убедително сочат за необходимостта от разширение на модела на Глешоу-Уайнбърг-Салам, съдържащ три двойки лептони и три двойки кварки (този модел се нарича Стандартен модел поради неговата общопризнатост), както по състава на фундаменталните фермиони, така и по конструкцията на сектора на Хигс-бозоните и свойствата на хигсовския потенциал.

Най-очевидните експериментални свидетелства от такъв род представляват астрофизичните експериментални данни за съществуването във Вселената на ненаблюдавани масивни частици, много слабо взаимодействащи с известните ни лептони и кварки. За тези масивни частици в литературата се използва означението WIMP – Weakly Interacting Massive Particles; те са кандидати за ролята на “тъмна материя”. Галактиките могат да бъдат “претеглени”, наблюдавайки тяхното относително движение, подобно на възможността в Слънчевата система да се определи масата на Слънцето, измервайки скоростта на движението на Земята по нейната орбита. Ако Слънцето беше четири пъти по-тежко, то Земята би трябвало да се движи два пъти по-бързо, за да остане на орбитата си– По аналогичен начин движението на Слънчевата система относно Млечния път може да се използва за оценка на масата на нашата Галактика и тя се оказва много по-голяма от тази, която има видимата материя.

Още по-интересна информация дават регистрираните фотони, достигащи Земята от далечния космос. Всички нестабилни частици, родени в етапа на еволюцията на Вселената, при аниhilация и последващ разпад рано или късно изпускат фотони. В експеримента наречен WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe – вж. “Светът

на физиката” 2009, кн. 3,4) с помощта на изведени в космоса радиометри беше регистрирано микровълново гама-излъчване с дължина на вълната от порядъка на 10 мм (честота около 50 Гхц), пристигащо от всевъзможни участъци на небесната сфера. В експеримента SDSS (Sloan Digital Sky Survey) беше използван 2,5 м. наземен телескоп на обсерваторията в Ню-Мексико, САЩ и оборудван със спектрографи за регистрация на фотони в пет различни диапазона от галактики от отделни области на небесната сфера. Комбинацията на получените данни свидетелства, че плътността на материята във Вселената е примерно с порядък по-голям от това което следва от преките наблюдения за видимото излъчване от звездите в галактиката. Пряко астрономично свидетелство за съществуването на “тъмна материя” във Вселената беше получено през 2006 г. при наблюдение на сблъска на две отдалечени галактики. Проблемът за “тъмната материя” може да се разреши чрез разширяването на Стандартния модел. Съществуват достатъчно много кандидати за ролята на частици на “тъмната материя” (суперсиметричните частици (специално неутралино), възбужденията на полето на Калуца-Клайн в модели с допълнителни измерения, частици в модели с разширения на хигсовския сектор и др.) По правило, в разширенията на Стандартния модел се изисква съществуването не на един, а на няколко бозона на Хигс с нетривиални взаимодействия. Посочените дотук разширения на Стандартния модел са достъпни за експериментална проверка на колайдера LHC, което създава интересни възможности за сравнение на данните от LHC с астрофизичните наблюдения.

Как да получим бозона на Хигс експериментално? Бозоните на Хигс могат да се образуват при сблъсквания на протони с големи енергии на колайдера LHC. Каква трябва да бъде енергията на протоните? Това зависи от масата на бозоните Хигс, като енергията на сноповете трябва да превишава. За съжаление, както вече беше отбелязано, Стандартният модел и неговото разширение не предсказват масата на Хигс-бозона. В Стандартния модел съществува само ограничение за неговата максимално възможна маса на ниво примерно от 700 GeV. Ограничението за минималната възможна маса въз основа на експерименталните данни от електрон-позитронния колайдер LEP2 е примерно 115 GeV. В едно от най-популярните разширения на Стандартния модел, Минималния суперсиметричен модел (MSSM), съществуват пет бозона на Хигс и масата на най-лекия от тях не трябва да превишава 130 GeV. В колайдера LHC се сблъскват протони с енергии 7000 GeV, което е достатъчно за раждането на бозоните на Хигс с маси до 700 GeV. Да отбележим, че тук не работи наивната представа, че за раждането на частици с маса 700 GeV е достатъчно да се сблъскат протони с енергия 350 GeV, понеже бозоните на Хигс се раждат при сблъсквания на съставлящите протона части – кварките или глюоните, чиято енергия е само част от енергията на протона. Преимущество тук имат глюоните, понеже съставлящите кварки в протона имат неголеми маси и по тази причина слабо взаимодействат с бозоните на Хигс. Въпреки че глюоните не взаимодействат непосредствено с бозоните на Хигс, те могат да образуват “затворена примка”, състояща се от тежък топ-кварк, който има голяма маса от 175 GeV и затова взаимодейства с бозоните на Хигс хиляда пъти по-силно отколкото леките кварки на протона.



Фиг. 3.

На фиг. 3 (ляво) е показана зависимостта на вероятността за раждане на Хигс-бозон при глюон-глюонно сблъскване $gg \rightarrow H$ в зависимост от неговата маса. Вероятността за раждане е максимална, когато бозонът на Хигс е лек (не много по-голям от 100 GeV), като с нарастване на масата тази вероятност намалява. Вижда се също, че вероятността за раждане при глюон-глюонни сблъсквания е най-голяма в сравнение с другите възможности, например раждането на бозон на Хигс, съпроводено с две струи $qq \rightarrow Hqq$, раждането съвместно с двойка топ-анти топ кварки Htt , както и съвместно с векторните бозони HW, HZ .

Освен енергията на протоните, трябва да се знае, какво количество от тях трябва да се сблъскат, за да се получи достатъчно количество Хигс-бозони, които ще позволят първоначалната им надеждна регистрация, а след това да се измери нейната маса и сила на взаимодействие с другите частици. За да се роди един Хигс-бозон с маса примерно 120 GeV на LHC, е необходимо да се сблъскат приблизително 10^{10} двойки протони. В останалите $10^{10} - 1$ сблъсквания ще се родят други частици от Стандартния модел, много по-леки от бозона на Хигс, и които взаимодействат значително по-силно с протоните на сблъскащите се частици.

Как се разпада бозонът на Хигс? Веднага след раждането си бозона на Хигс се разпада на други две частици. Тези два процеса протичат толкова бързо, че те не успяват да се отдалечат от мястото на сблъскване на двата протона на що-годе забележимо разстояние. За да се установи раждането на Хигс-бозона, трябва да се регистрират частиците на разпад, измерят техните енергии и импулси и реконструира нейната маса в голям брой събития. Възможни са разпади на два кварка или глюони, на двойка лептони (електрони, мюони или тау-лептоли), на двойка векторни бозони, и накрая, особено интересните за експериментите на LHC много редки случаи на два фотона. Бозонът на Хигс няма електричен товар и затова не може направо да се разпадне на два фотона. Трябва предварително да образува затворена примка от заредени вектор-

ни бозони или тежки кварка, които след това да излъчат два фотона. Вероятността за разпад на бозона на Хигс на двойка едни или други частици от Стандартния модел зависи от неговата маса и от масата на частиците на които се разпада. Например, бозон на Хигс с маса 120 GeV не може да се разпадне на двойка топ-кварк и анти топ-кварк с маси от по 175 GeV всяка една от тях – тук енергията на покой е 120 GeV и явно не достига. Обаче вероятността за разпад на b-кварк и анти b-кварк с маси около 5 GeV всяка, е по-голяма от вероятността за разпад на двойка тау-лептон и анти тау-лептон с маси 1,7 GeV. Различието на вероятностите за разпад на бозона на Хигс в зависимост от неговата маса е показано на фиг. 3 (вдясно).

Откриване на бозона на Хигс на колайдера LHC. Откриването на бозоните на Хигс съвсем не е проста задача, даже за най-големия в света колайдер LHC. За нейното решение са разработени и конструирани две от най-сложните високотехнологични апаратури – детектори за елементарни частици с най-общо предназначение (т.нар. general purpose detectors) CMS и ATLAS. Тези детектори обезпечават прецизната регистрация на всички възможни частици с високи енергии и последващата обработка на огромния масив от експериментална информация, нямаща каквато и да сравнима аналогия в най-новата история на физиката.

Да допуснем, че при необходимото количество сблъсквания на протоните са се родили и след това разпаднали хиляда бозони на Хигс. От тези събития на родени Хигс-бозони и последвалия ги разпад, да кажем на два фотона, трябва да се отделят от другите събития с раждане на двойки фотони, обусловени от други източници, нямащи отношение към раждането на бозоните на Хигс. Това са т.нар. фонові събития. Ако хилядите събития на раждане на Хигс-бозон (събитието “сигнал”) е съпроводено с десетки милиони фонові събития, първите могат да бъдат просто “загубени” на фона на огромното количество от втория вид, и нищо определено за съществуването или отсъствието на сигнал не може да се каже. Например, за раждането на един бозон на Хигс трябва да се сблъскат примерно 10^{10} протона. Във всяко от тези сблъсквания ще се раждат примерно 100 различни частици, в това число и двойки фотони. Вероятността, че всяка такава двойка ще изглежда точно като продуктите на разпад на Хигс-бозона е много малка, което обаче се компенсира от огромния брой двойки фотони. С други думи, малката вероятност за имитация на сигнала за сметка на други източници се умножава от огромното количество събития за сметка на тези източници. И в резултат “сигналът” може да се загуби за сметка на съществуващия огромен имитиращ фон. За да се потисне този фон, се прибегва до предварителен подбор на събитията-кандидати в режим на реално време на работа на колайдера (т.нар. on-line selections).

Кога да се чака откритието. Поучително е да се проведе аналогия между търсенето на бозона на Хигс и задачата за “намиране на игла в купа сено”. Оценявайки обема на сноп сено на 10 кубометра, а обема на иглата като 10^{-8} кубометра (или 0,01 cm³) и предполагайки, че вероятността да се натъкнем на иглата се определя от отношението на обемите им, получаваме величина от порядъка на 10^{-9} . По такъв начин, като знаем, че отношението появата на бозона Хигс към двуфотонните събития е 1/1000, излиза

че задачата на отбелязване на сигнал за Хигс-бозон е поне 1000 пъти по-сложна от задачата за намиране на игла в купа сено.

Затова отговорът на въпроса за сроковете на откритието зависи от това колко бързо ще можем на LHC да натрупаме необходимите за това протон-протонни сблъсквания. Тази цифра се изразява с помощта на т.нар. интегрална светимост. Тази величина не е линейна функция на времето, а зависи от броя на протоните в сноповете, която ще се увеличава в хода на работа на колайдера и, разбира се, по време на работата и с годините. Освен това, обаче, необходимата стойност на интегралната светимост зависи и от стойността на масата на Хигс-бозона, който търсим.

От казаното до тук следва, че най-вероятно още по време на първата година на работа на колайдера сигналът може да бъде наблюдаван, ако масата на бозона на Хигс е около 165 GeV. Всъщност, веднага след постъпването на реалните данни откритие не се очаква: необходимо е да се изчака времето за преразпределение на данните по различните институти, след това централната им обработка и off-line анализа на огромния масив експериментална информация. Времето на възможната задръжка от началото на постъпване на тази информация до края на нейната обработка е трудно днес да се определи. Реалните срокове могат да бъдат от няколко месеца до една година. Откриването на Хигс-бозона е само половината работа; другата, не по-маловажна, се състои в определянето на неговите характеристики, което би позволило да бъде “възприето” като частица в рамките на един или друг модел, описващ света на елементарните частици и Вселената. Както вече беше споменато, Стандартният модел се разглежда по-скоро като ниско енергетично приближение на по-общ модел на обединение на взаимодействията, а не като завършена фундаментална теория.

Възможни неочаквани явления. Нека отново си спомним историята. Когато през 1492 г. Христофор Колумб се отправя на път, той счита че плава към Индия, която е разположена някъде в съседство с Япония. Изглежда Колумб е мислел, че някъде наблизо се намира и Китай. Както е известно, той не успява да достигне до Индия, въпреки че дълго време земята, която той открива, съвременниците му наричат Източна Индия. Но въпреки всичко вложените в експедицията средства не пропадат напразно и всъщност е било направено важно откритие, след което започва експанзията на Европа към Новият Свят.

Откритието на бозона на Хигс от Стандартния модел е една от главните задачи, за чието решение бе проектиран преди две десетилетия колайдерът LHC и неговите детектори. Понастоящем обаче малко физици вярват в Стандартния модел. Както беше вече казано, в подкрепа на разширението на Стандартния модел свидетелстват както новите експериментални данни (не само астрофизични, но и ускорителни), така и последните постижения на теорията. Обаче начините за откриване на бозоните на Хигс в рамките на SM, описани дотук, работят също и при нейните разширения, понеже един или един от няколкото бозона на Хигс, появяващи се в SM, имат свойства, близки до свойствата им в SM, и притежават същите моди на разпад. Например, лекият бозон на Хигс h в Минималния суперсиметричен модел в голяма област от параметри на MSSM има

практически същите (или много близки) физически свойства, както и бозона на Хигс в SM. MSSM предсказва съществуването на още четири бозона на Хигс – тежкият незареден CP-четен бозон H , тежкият незареден CP-нечетен бозон A и два заредени бозона H^+ и H^- . Тази четворка има други, в сравнение с бозона h разпади, най-благоприятни за експериментално наблюдение. Неудобният сценарий би бил откриването само на един бозон h с маса от порядъка на 135 GeV, когато останалата четворка бозони от MSSM ще бъдат фиксирани с маси от няколко хиляди GeV, което ги прави ненаблюдаеми поради недостатъчната за това енергия на раждане на колайдера LHC. В този случай ще бъде невъзможно да се направи своевременен избор между SM и MSSM.⁶

Не трябва да се изключи и сценарият, когато бозонът на Хигс въобще не може да бъде наблюдаван, въпреки, че това е малко вероятно. Съществуват някои теоретични схеми, в които бозоните на Хигс въобще отсъстват – т. нар. Higgsless models. Те обаче предсказват съществено други, масивни, неутрални и заредени частици, които би трябвало да бъдат наблюдавани в LHC. В този случай може би ще бъде необходимо повече време, отколкото в случая на MSSM, за натрупване на необходимия брой събития за откриването на тези частици. Очевидно е, че във всеки случай новите открития ще се състоят, но сега е сложно да се предскаже, какво точно ще бъде наблюдавано. За постигането на успех не е достатъчно да се развива стратегия на търсене само около трите основни канала на разпад на Хигс-бозона, описани дотук. Необходимо е детайлно да се разгледат голямо количество варианти, изхождайки от разнообразни нестандартни модели. Основният проблем на експериментите на LHC ще бъде не откриването на нов физичен сигнал сам за себе си, но обяснението какво точно се наблюдава. За убедителната интерпретация на новите сигнали е необходимо такова взаимодействие на експериментаторите, занимаващи се с тяхната реконструкция, с теоретичите, способни да разчетат тези сигнали в рамките на разнообразните теоретични модели.

В това е основното различие на експериментите на LHC от тези на предишните колайдери през периода 1980-2000 гг. – SppS и LEP, всеки от които бе създаван, по същество, за изследване на една и съща задача. Както е известно, протон-антипротонният колайдер SppS с енергия 540 GeV бе създаден за откриване на калибровъчните бозони W и Z на Стандартния модел; електрон-позитронният колайдер LEP1 с енергия 91 GeV – за прецизни измервания на свойствата на Z -бозона, а колайдерът LEP2 – с енергия до 220 GeV – за откриване на най-лекия бозон на Хигс в MSSM. За разлика от тези установки с непълни функционални възможности, детекторът с общо назначение CMS осигурява, както вече беше споменато, регистрацията на фотони с висока разделителна способност по енергии и направление, високоефективна регистрация на мюоните и надеждно определяне на адронните струи по всички възможни направления. Предвидена е принципно нова възможност за използване на детекторите за изследване на сблъсквания на тежки йони.

Превел (с известни съкращения): **Н. Ахабабян**
Сб. “В Глубь материи”, Москва 2009; М.Н.Дубинин, А.Н.Никитенко –
“Бозоны Хигса и объединение взаимодействия”

НЕКА БЪДЕ МОНОХРОМАТИЧНА, КОХЕРЕНТНА И НАСОЧЕНА СВЕТЛИНА (50 години от създаването на лазера)

Втора част

М. Замфиров, Н. Вучков

В първата част на статията (кн. 1, 2011) разгледахме историческото развитие рубиновия и хелий-неоновия лазер, предпоставките за откритията и въздействието им у нас. В тази част ще продължим разглеждането на историческите корени на развитието на лазерната техника в България, както и перспективните разработки.

CO₂ – лазера

През 1964 година Кумар Петел създава в Bell Labs първия CO₂-лазер. В България, известен период от време след като е направил хелий-неоновия лазер, ст. н. с. д-р В. Стефанов започва работата си и по CO₂ – лазера. *“Отидох командировка за няколко месеца във ФИАН, Москва и там видях CO₂ –лазер. Бях чел за него и като обикалях една по една лабораториите попаднах в лабораторията на Прохоров. Там имаха един голям лазер с двуокис, много тръби дълги. Разгледах го, а с мен беше и академик Джаков. Той каза и ние ще направим такова нещо!”*

В. Стефанов преди да се върне в България измолва оборудване за инфрачервената светлина. След като се връща започва монтирането в лабораторията си.

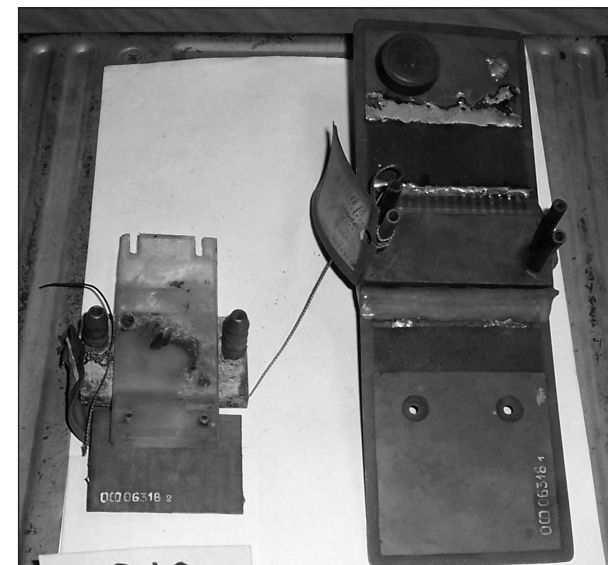
“Ние хелий нямахме, само с азот и въгледвуокис. Включихме апаратура-та и тя заработи, но дали генерира лъчение? Не знам, то не се вижда, няма специален детектор. Детекторът ми се оказа пръста – сложих си пръста пред изходящото огледало и като почна да генерира усетих нещо особено – все едно някой те гъделичка и така разбрах, че лазера работи! Щом като установих това взех индиго и на него веднага се стопи черното. След туй поканих да го видят, зарадваха се, а аз на



Лазер, азотен. Ивайло Златанов, 1972-1973 г.²

едно листче написах 23 март, 1967 г. Това беше първият лазер с въгледвуокис, няколко вата мощност, при това ние работихме само с азот, без хелий, изследвахме го с добавяне на органични пари, като там се получава малко увеличаване на мощността.”

Трябва да се отбележи, че под ръководството на В. Стефанов са създадени първите в страната ни лазери с азот, аргонов лазер и пренастройвани лазери с багрило. *“Аз правих импулсен аргонов лазер, но само от любопитство, не ми беше интересен. После правих импулсен азотен лазер за ултравиолетова светлина, за пръв път в България, някъде към 68-70 година. За първият у нас пренастройваем лазер с багрило В. Стефанов казва, че докато бил в Англия на командировка, видял как работи такъв лазер и като се върнал “направихме лазер с багрило, изследвахме, даже има публикации по тези лазери.”*



Вълноводен азотен лазер. Дипломна работа на дипломант на ст.н.с. В. Стефанов

Нелинейната оптика

Ст. н. с. В. Стефанов отбелязва, че с нелинейна оптика никога не се е занимавал. Но с нелинейна оптика започват да се занимават във Физическия факултет на Софийския университет. *“Стаменов отиде в тази катедра при Хохлов. Те не искаха, викат няма нужда България от това, скъпо е, но Стаменов настоявал – искам! Той успя да удържи там, да ги накарат да му покажат лазера и, след като го видя готов, разбра, че е интересно и почна да работи, като направиха един мощен неодимов лазер. Доц. Стаменов беше движещата сила, той въведе обучението и той издейства да се отдели квантовата електроника от радиофизиката.”* (В. Стефанов)

Така през 1966 година във Физическия факултет, пет години след като през 1961 Лео Джонсън и Курт Насау от Bell Labs, създават първия неодимов лазер (неодим в калциев волфрамат), а Илайас Снитцър от American Optical създава първия лазер на база неодим в стъкло, е конструиран, изработен и пуснат в действие и първият в България неодимов лазер под ръководството на доц. Константин Стаменов. С това фактически се поставя началото на квантовата електроника и лазерна техника в СУ „Св. Кл. Охридски“. Тогава групата на доц. К. Стаменов работи в катедра Радиофизика и електроника. Начален тласък за работа в областта дава неговата специализация в МДУ в лабораторията на акад. Р. В. Хохлов, където вече съществуват традиции в областта, издадена е пионерската книга на Ахманов и Хохлов „Проблеми на нелинейната оптика“ и се работи на фронта на световната наука.



В лабораторията на Хохлов (от ляво-на дясно С. А. Ахманов, Р. В. Хохлов, Н. Бломберген, А. И. Ковригин)

Струва си да се отдели място за кратко описание на разработките на Р. В. Хохлов. Главното направление на изследванията на катедрата, ръководена от Р. Хохлов в Московския университет (МДУ) – са нелинейните оптични явления. Така се наричат разнообразните ефекти, възникващи, когато свойствата на веществото зависят от интензитета на действащата върху него свет-

лина. С появяването на лазера нелинейните явления придобиват голямо значение не само за физиката, но и за техническите приложения. Във въздуха, стъклото, водата, в болшинството известни среди пътят, изминат от светлината, е пропорционален на времето. Това значи, че скоростта на светлината в тези среди е постоянна. За повечето вещества това е вярно при всички достижими интензивности на светлината, дори за лъчите на оптичните квантови генератори. Но има неголямо количество кристали, в които скоростта на светлината се мени в зависимост от нейната сила. Тази зависимост се изменя, ако се мени направлението на светлината по отношение на страните на кристала и неговите граници.

Понякога думата „нелинеен“¹ се отнася и за самия кристал, имайки пред вид, че законът за разпространение на светлината в този кристал е различен от линейния. Като пропускат сноп на лазер през специално приготвени кристали, Франкен и неговите сътрудници успяват да зарегистрират появяването на излъчване с удвоена честота, но коефициентът на преобразуване е много малък – само малка част от енергията на падащата вълна се превръща в енергия на вълната с удвоена честота. Хохлов и неговите сътрудници дълбоко анализират това явление и разбират, че причината е в различната скорост на двете вълни. В резултат на това действията на различните участъци на кристала не се събират, а даже частично се унищожават. Но уравненията подсказват на Хохлов изход от положението. Оказва се, че в кристала могат да се намерят направления, в които падащата вълна и вълната с увеличена честота се движат с такива скорости, при които всички точки на кристала по направление на разпространението на вълната действуват съгласувано и резултатите от техните действия се събират. При това много голяма част от енергията на падащата вълна се превръща в енергия на вълната с увеличена честота. Така са създадени твърде ефективните лазери на хармонични честоти.

Доц. Стаменов се заема да формира група в Софийски университет, да оборудва лаборатория, да конструира и изследва различни конструкции и режими на лазери. Но без техническата помощ, активни елементи, огледала и импулсни лампи и ноу-хау на специалистите от Московския университет, развитието на групата би било трудно предвидимо. Личната ангажираност и големият талант на акад. Р. В. Хохлов и проф. С. А. Ахманов оставят своята диря и отпечатък у редица наши сътрудници – голяма част от състава на сегашната катедра са били на специализация за по-късо или по-дълго време в МДУ. Г. Георгиев и С. Салтиел завършват Физическия факултет на МДУ, а Ив. Томов, Г. Георгиев, С. Салтиел, Л. Павлов и Г. Петров – докторантури.

Така се достига и до 1-ви юли 1978 г., когато е създадена катедра Квантова електроника с 8 щатни сътрудници. В национален мащаб лазерната техника е приоритетно направление и важна задача на катедрата е да подготвя инженер – физици, специалисти по квантова електроника и лазерна техника за нуждите на страната. Тя подготвя и специалисти с по-висока квалификация чрез докторантури и следдипломна квалификация (групова или индивидуална) по различни проблеми и с различен срок на обучение за нуждите на промишлеността. Постижения на предния фронт на науката за времето си са създадените за първи път в България пикосекунден лазер (1972 г.), и азотен лазер (1975 г.), генерирането за първи път в света на 5-та и 7-ма хармонична на неодимов лазер в пари на метали (1977 г.), регистрирането за първи път в България на поляритонни спектри и на спектри на параметрично разсейване в нецентросиметрични кристали (1975 г.), разработването на първия български ексимерен лазер (1980 г.) и на първия български фемтосекунден багрилен лазер (1986 г.).

Със съвместна заповед на Председателя на ДКНТП и на Министъра на народната просвета от 09. 07. 1980 г. и благодарение на упоритата и целенасочена работа лично на доц. Константин Стаменов, тогавашен ръководител на катедра Квантова електроника, към Софийския университет от 1 август същата година е създадена Проблемна научно-изследователска лаборатория с производствен участък по лазерна техника (ПНИЛ по ЛТ). В началото тя се помещава в помещения на сградата на СУ на ул. „Московска“ 49, а от 1987 г. в новопостроената сграда на ул. „Галичица“ 33 А. Тя е построена и обзаведена с мебели и машини със средства на ДКНТП. Основната задача на ПНИЛ по ЛТ е да разработва лазерни технологии и лазерни методи за измерване и контрол, лазерни апаратури и внедряването им, за бързо решаване на възникнали проблеми в промишлеността и техниката у нас. Има щат от 31 сътрудници, специалисти с висше образование, инженери и физици, майстори-специалисти и техници. Освен щатните сътрудници в работата на ПНИЛ участват също и преподавателите и сътрудниците на катедра Квантова електроника. По-късно ПНИЛ по ЛТ прераства в Институт по ЛТ към СУ с 12 научни сътрудници и 40 специалисти (инженер-физици, инженери, конструктори, механици, електронници, оптици). Разделен е на изследователски и развойни лаборатории, конструкторски бюра и производствени групи по механически, електронни и оптически възли и системи. В ПНИЛ по ЛТ и в последствие в ИЛТ биват създадени редица лазерни технологични апаратури и разработки за промишлеността като: „ЛИР-1“ и „ЛИР-2“ за автоматично изрязване на контролен участък от защитно покритие на големи графитни електроди за електродъгови пещи

на металургията (внедрени 1980г. и 1986г. в „Електрохимия” – Кремиковци); „Гранат-Н” – лазерна технологична апаратура за функционална настройка на тънкослойни резистори в интегрални схеми, 3бр. за нуждите на НПСК „Полупроводникова техника” в Ботевград, 1бр. в Института по микроелектроника в София и 1бр. в Института по специална електроника в София; „Гранат-3Н” – лазерна технологична апаратура за функционална настройка на дебелослойни резистори в интегрални схеми, 2бр. за нуждите на НПСК „Полупроводникова техника” в Ботевград; „Гранат-4Н” – лазерна технологична апаратура за пробиване на отвори в ситалови подложки за хибридни интегрални схеми, внедрена в звено на МВР в София; „Гранат-М” – лазерна технологична апаратура за маркиране на готова продукция, гравирание на надписи и фигури в ЗЗУ в Пловдив; „АЛЗ” – азотен лазер за спектрален анализ, възбуждане на лазери с органични багрила и технологични операции в микроелектрониката (внедрени в звено на МНО, в Института по минералогия на БАН и звено на МВР; „ЕЛИ-М” – еднокоординатен лазерен интерферометър за прецизни измервания на линейни размери и премествания в точното приборостроене с точност $0,08\mu\text{m}$ (3 бр. внедрени в ЗММ „Победа” Сливен и 1 бр. в ЦИИТ в София 1984 г.); „ДЛИ” – диференциален лазерен интерферометър за контрол на завъртания на еднокоординатна карета (внедрен в ЦИИТ в София); „ФЛУМЕТ-В” – лазерен филтров флуориметър за определяне на примеси в малки концентрации в разтвори за нуждите на Комитета за опазване на околната среда; „ЛАЗЕРТА-1” – лазерна технологична апаратура за заваряване (внедрена в ОЗЗУ – Стара загора); „ЛАЗЕРТА-3” – лазерна технологична апаратура за гравирание на топлопроводящи материали (2 бр. внедрени в СО „Периферна техника” г.Пловдив и ред други измерители на лазерна параметри и контролни уреди за нуждите на промишлеността и различни институти. Директор на ИЛТ от 1987 до 1990 г. е чл.кор.проф. дфн. Ив. Томов, до 1993г. – чл.кор.проф. дфн. С. Салтиел, до 1996 г. – проф. дфн. Ив. Христов, до 2005 г. – доц.д-р С. Савов, а от 2005г. до сега – доц. д-р Ив. Стефанов. Добрата теоретична и практическа подготовка на сътрудниците, специализацията на болшинството от тях във водещи университети, научни институти и лазерни фирми в Европа и Северна Америка способстват за издигането на авторитета на катедрата и института.

Лазерът на пари на меден бромид

Любопитна е и историята за, може би, най-конвертируемия български лазер – този на метални пари.

Почти успоредно с разработките си върху импулсния аргонов лазер и импулсния азотен лазер за ултравиолетова светлина, ст. н. с. В. Стефанов споделя, че към 1968 – 1970 година започнал и разработка върху кадмиев лазер с метални пари. В. Стефанов изпраща Мария Петрова в ИСО, която после се прехвърля за постоянно към този институт: *“тя ходи, поработи там 1 месец, върна се и взехме да правим лазер с хелий кадмий, но в това време нашето здание (Института по електроника), го завършиха и ни казаха да се местим. И при местенето си вакуумната инсталация се счупи и мина*

време, месец, два. В туй време, Съботинов направи първия лазер с метални пари, той го пусна преди нас. И започна да се занимава с лазери с метални пари. Сключи договор с ИНРНа – Институт за рационализация, които и го финансираха. После продължи, усъвършенства го и направи стабилен лазер, който продаваха в Австралия, САЩ.”

Това е успех, понеже на запад започват да следят и нашите статии: *“Дойде един англичанин, който също се занимаваше с тия метални пари и той казва – имам специална папка ‘България’, какво става там, тъй като преди това металните пари за да ги получиш, трябва да ги нагрееш до много висока температура, а тука при $450-500$ градуса вече работи.”*

Стоян Диноев споделя: *„През 1979 г. се провеждаше, в рамките на Пловдивския панаир” „Сибир научная”, в което мероприятие водеща роля заемаше Института по оптика на атмосферата – ИОА на Сибирския филиал на Академията на науките на СССР. Доцент Кирков – ръководител секция в Института по електроника на БАН беше установил много здрави научни връзки с директора на ИОА – Академик Зуев по въпросите на изследване на взаимодействието на лазерното лъчение и атмосферата и разработването на лидарите и лазерите работещи в тях – лазерът на пари от чиста мед. Академик Зуев сподели огромните трудности които срещат с изработването на генерационната тръба, изработвана от тях от керамичен материал, който при високата работна температура – около 1700 градуса Целзий силно отделя газове, с което замърсява газовата смес в лазерната глава и не позволява постигане на по-висока средна изходна мощност и поддържането ѝ постоянна. Също така изрази мнение, че качеството на българския кварц е на второ място в света, след бразилския и че биха го ползвали при изработката на корпуса на лазерните глави (излъчватели). Руските колеги изработваха генерационната тръба от керамика с дължина един метър и външен диаметър $2,5$ ст, което както споменах не отговаряше на техническите изисквания и търсеха нов материал, за да го заменят.”* С този проблем е запознато ръководството на ДКНТП и се решава да се отпуснат парични средства за закупуването на технологично оборудване от Япония, за да започне обработването на нашия висококачествен кварц и изработването на корпуса на лазерния излъчвател на този нов тип лазер – лазерът на пари на чиста мед.

Така се започва разработването на производството на чист двуалуминиев триокис или корунд. Затова се създава и химическа секция с ръководител инж. Нико Ников в направлението „лазерна техника” с ръководител д-р инж. Стоян Диноев в НИИСО. *“В едни алуминиеви „тенджер” се пречистваше каолинът (алуминиевата стипца), за да достигне пет девятки чистота”.* Този двуалуминиев триокис се пресова под налягане две хиляди атмосфери в заводите в гр. Казанлък на ДСО Металхим в тръби със същия размер на керамичните, използвани от руските колеги. Изпича се до 1250 градуса, след което двуалуминиевия триокис, може да се обработва като най-обикновена стомана. Вече обработената тръба се изпича до 1750 градуса, когато се превръща в алфа двуалуминиев триокис. *„Поръчахме пещи в завода в Монтана, купихме ги, изпичахме ги, и вече готовите тръби, без да се огъват, ги използвахме за лазера на*

чиста мед – „Изделие Зефир”. Съботинов твърдеше, че неговите лазери започват да генерират при 900 градуса, а нашите работят на 1700. Голямата битка беше между Томск и България, т.е. Съботинов и ние. Същият твърдеше пред военните, без да е построил още захранването на своя лазер, че може да излезе на генерационен режим, примерно след 20 минути, а ние трябваше минимум половин час да подгриваме лазера. И руснаците бяха много щастливи и много доволни – ние им дадохме не само технологията, а и тръбите и те започнаха да ги произвеждат. Академик Зуев, в замяна предложи да ни помогне при разработването на захранващото устройство за лазера с пари на чиста мед и двама специалисти, които да участват при изработването на генерационните тръби за техни нужди, а и да окажат техническа помощ при разработването на захранващото устройство на нашия лазер. А ние, като принос, им разработваме тръбата.” (Ст. Диноев).

Самата апаратура Зефир е показана през 1982 г. на 38-я международен есенен панаир в Пловдив. Предназначена е за лекуване на ракови заболявания, за ускорено лечение на рани и др.

История и развитие на Лабораторията Лазери с метални пари при ИФТТ към БАН

Лабораторията Лазери с метални пари (ЛЛМП) е създадена през 1987 год. в Института по Физика на Твърдото Тяло към Българската Академия на науките (ИФТТ–БАН), като създател и ръководител до настоящия момент е акад. Н. Съботинов. Тази лаборатория е една от водещите лаборатории в страната и света в създаването, изследването и внедряването на редица атомни и йонни лазери с пари на метали и метални халогениди, генериращи лазерно лъчение с рекордно високи изходни параметри и минимална, почти дифракционна, разходимост, в широк спектрален диапазон – от дълбоката ултравиолетова (ДУВ) до средната инфрачервена (СИЧ) области.

Научните изследвания на лазерите с метални пари в Института по Физика на Твърдото тяло към БАН започват през 1970 год. когато е създаден първия в България хелий-кадмиев лазер генериращ в положителния стълб на разряда. Втората съществена стъпка е създаването през 1972 год. в България на първия импулсен меден лазер с външно нагряване за получаване на активната среда. Третия изключително важен етап в тези научни изследвания в България е създаването през 1974 год. за първи път в света на лазера с пари на меден бромид, това е един нискотемпературен вариант на медния лазер. Тази трета стъпка и предопределя следващите изследвания на лазерите с метални пари в България.

Основните научни резултати получени в лабораторията, които са добре известни в световната наука и практика, са:

1. Създаване и изследване на лазера с пари на меден бромид. Този лазер е оригинално българско изобретение и намира приложение в световната наука и практика.
2. Откриване на силния ефект на водорода в лазера с пари на меден бромид. Този ефект води до нарастване около 2 пъти и на средната изходна лазерна мощност и на

коефициента на полезно действие на лазера с пари на меден бромид и има голямо значение в науката и практиката. Също така доведе до създаването на два нови типа медни лазери: медния HуBrID в Шотландия и кинетично подобрения меден лазер (KECVL) в Австралия. Силния ефект на водорода води до съществено подобряване качеството на лазерния лъч и прави възможно използването на медния лазер за обработка на материалите. Всички водещи лаборатории и компании използват силния ефект на водорода.

3. Откриване и създаване на две нови електрически схеми за възбуждане на лазера с пари на меден бромид, това са схема с взаимодействащи изострящи контури IPС и схема с взаимодействащи контури IC. Използване на IC възбуждането води до увеличаване на изходната мощност и коефициента на полезно действие с около 60% и освен това позволява да се контролира формата и продължителността на възбуждащите импулси, което ги прави приложими и за други лазери.

4. Откриване и изучаване на спирален кух катод, които се прилага в кухокатодните лазерни източници.

5. Създаване на мощен ултравиолетов меден йонен лазер с пари на меден бромид и лазер на йоните на злато възбуждани в наносекунден импулсен надлъжен разряд.

6. Изследван е импулсен лазер на атомите на стронций в пари на стронциев дибромид генериращ лазерна линия в средната инфрачервена област, която е изключително перспективна за приложение в медицината.

Научно-изследователски Институт по Оптика – ДСО”Металхим”

Успоредно с разработките на групите в БАН и СУ съществува и трета група, активно занимаваща се с разработването и внедряването на лазерите, но оставаща встрани от прожекторите. Това са специалистите от НИИО – ДСО „Металхим”

В НИИО на 01.01.1979 год. е създадено ново направление „Лазерна техника“ под ръководството на ктн. инж. Стоян Диноев, в което работят 86 служители. Над 90 % от специалистите идват направо от студентската скамейка и израстват там като опитни специалисти.

През същата 1979 година е утвърдена и Националната координационна програма „Разработване и внедряване на лазерни източници и елементна база за тях“. За ръководител на програмата е назначен д-р инж. Стоян Диноев: *ДКНТП-то и Начо Паназов и Министерството на машиностроенето отпуснаха парите, за да може да се направи тази програма, да могат да се разработят лазерите, тъй като се знаеше, че лазерите в света се разработваха и произвеждаха в 2 страни – САЩ и Русия. И се решава да се създаде програма, където да се разработи поне един лазер, за да почнем и ние нещо да правим в света. Тогава се взима решение през 1978 г. в ДКНТП да се разработи такава програма.*” (Ст. Диноев)

Ст. Диноев споделя, че научен ръководител на докторската му дисертация в Полша бил проф. д-р Збигниев Позелич: *“От него научих, че не можеш да направиш лазери, ако нямаш елементна база. Западът ще ти даде 1 елемент, примерно 1 огледало, 2*

огледала, но когато поръчаши 10 или 20 почват подменките. И у нас същата работа. И затова когато със заповед на зам – министъра на машиностроенето Иван Дончев ме назначиха за ръководител на Националната програма за лазерна техника аз реших да включа в програмата разработването на два лазера, един твърдотелен YAG с неодимови йони в импулсен режим, т. е. гигантски импулси, с модулация, а вторият лазер беше на чиста мед. Доцент Кирков, който беше ръководител секция в института по електроника на БАН, където се разработваха лидарите беше особено заинтересован от разработването на същите. Те не са ново откритие, ние работихме по лидарите, имахме много добри успехи, и във връзка с това той направи много добро сътрудничество с акад. Зуев, Сибирското отделение на науките. Все в тази връзка със заповед на зам. министъра на машиностроенето НИИСОР (Научно-изследователски Институт по Специална Оптика и Радиоелектроника) се преобразува в ИСЕ (Институт по Специална Електроника), където беше дълго време проф. Евгени Гилев и ИСО (Институт по Специална Оптика).”

Ст.н.с. д-р Стоян Диноев си спомня: „Аз използвах опыта на поляците и затова 5 секция в това направление бяха конструктори, завършили фина механика, 3 секция с ръководител Ханджиева разработваше импулсните лампи за YAG:Nd лазери, 6 секция беше Твърдотелния лазер, там ръководител беше Гради Градев, 7 секция – аз, 8 секция – докарахме от БАН, Мария Петрова, там тя работеше при Васил Стефанов, втора секция – хелий-неонова лазери, а в 1 секция с ръководител н. с. Огнян Маразов се конструираше нашия лазер на пари от чиста мед. В генерационната тръба, ако се постави не 2 грама чиста мед, а 2 грама чисто злато вече се генерира червена светлина. И ние пуснахме на чисто злато, червен лазер.”

Ст.н.с.д-р Стоян Диноев отделя 30 хиляди лева от Националната програма с разрешение на заместник началника на ДКНТП Стоян Андреев, с който са били заедно докторанти в Полша и купуват НР вакуумна установка, с която да може да се изпомпват хелий-неонов лазери. Така Иван Радулов прави хелий неонов лазери и се започва серийно производство. “Виктор Борисов беше електрончик и той конструира хранящите устройства на лазера на пари на чиста мед и на CO_2 – лазера. 8 секция разработва приложенията на CO_2 – лазера за пробиване на микроотвори.” (Стоян Диноев)

Несъстоялото се обединение

Бурното развитие на лазерната техника, както и очевидното и приложение в почти всяка област на живота на хората, кара различни заинтересовани кръгове от онова време да дадат и допълнително финансиране.

В. Стефанов разказва: “Идваха от Комитета за наука хора да питат какво става, и по едно време решиха – дайте ще направим Институт по квантова електроника. Бяха решили да дават милиони. Председател беше Иван Попов, инженер не с диплома, а инженер по душа.

Инж. Попов много се интересува от такава възможност и: “направихме едно съве-

щание в БАН, директорите на институтите по физика, какво дават, що да дадат, че да стане институт, 4-етажен, четири отгоре и два под земята по средата между двете здания – между електрониката и ИФТТ има място. В крайна сметка нашите хора, академиците, не се съгласиха. Защото ако го направят, там ще отидат много пари, а за другите институти ще останат малко и отказаха да правят институт по квантова електроника. И тогаз от комитета – ние ще си правим наш институт. (В. Стефанов)

Така се създават ИСО и заводът в Панагюрище, които възникват по инициатива на Комитета за наука. Може би ако историята се беше развила другояче и сега имаше Институт по квантова електроника ИСО и Оптикоелектрон нямаше да са минало.

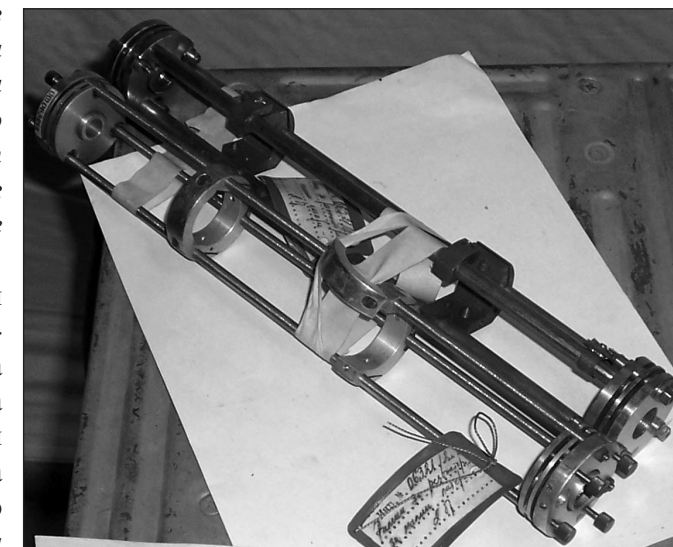
“Освен това направиха завод за CO_2 – лазери и ги изнасяха за Съюза. В Съюза работят лабораториите, обаче няма кой да го произведе. Не го възлагат, а нашите почнаха да правят, продадоха доста лазерни установки с CO_2 – лазери.” (В. Стефанов)

Приложенията

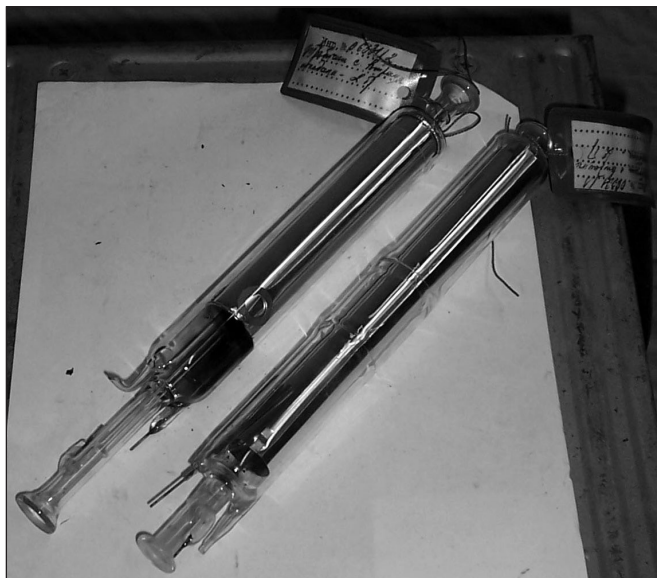
Интересни са не само разработките на различните лазери в България, но и техните приложения. Трудностите, с които се сблъскват учените, опитите да убедят различни институции и организации в предимствата на лазерите не винаги са успешни.

В. Стефанов: “След рубиновия лазер направихме неодимов лазер. В туй време ние се преместихме от старото здание, там сега са ИФТТ и ядрения институт, отидохме в новото здание и от тоя лазер се интересува проф. Боянов, зъболекар. Той успя да издейства от министерството на народното здраве пари и му направихме един лазер с неодимово стъкло, плати ни го, сключихме договор, за да види става ли за обработка на зъба. Оказа се, че този лазер, който направихме, не е подходящ, защото зъбите почерняват, овъгляват се. Аз по-късно съобразих, че трябва да е наносекунден, така че като свети да няма възможност да изгори зъба. Ако беше друг лазер с по-къс импулс, можеше и по-хубаво да стане.”

След тази работа, един доцент от Медицинска академия – А. Карагьозов – изявява желание да пробва CO_2 -лазера за удебеляване на кръвоносни съдове, тъй като артерията лесно може да се спуска, ако някое място изтънява: “и един ден се договорихме, той дока-



Рамки за резонатори за малки лазери. Около 1970 г.



Тръбички с вътрешни огледала. 1970-1971 г.
Дарено от В. Стефанов

ра един голям пес вълча порода с отворена шия, приспано. Вкарахме го, нямаше вече хора в института, облъчихме го с CO_2 лъчение и не знам после какво стана – имаше ли добър ефект или нямаше – но аз знам, че няма хора в института. А на другия ден някой звънна по телефона и започна да имитира лай.”

В това време БАН вече е сключила с Медицинска академия договор за сътрудничество и ст. н. с. В. Стефанов тръгва из МА да предлага наистина сътрудничество: “имаме лазери – CO_2 , рубин, неодим, хелий-неон, дайте да опитаме да

работим, кажете какво искате да правим – ние ще ги облъчваме, вие ще изследвате останалото. Обикаляме академията и повечето хора те гледат като извънземен. Не проявиха никакъв интерес.” Само в катедрата по дерматология един лекар споделя, че му трябва лазер, десетина миливата, за лазерна акупунктура, който му доставят по-късно В. Стефанов и сътрудниците му.

Лека полека резервираността на специалистите към възможностите на лазерите започва да се изпарява. В. Стефанов прави хелий-неонов лазер по договор с Института по геология, откъдето искат един преносим лазер за да го използват за маркшайдерски цели. “Направихме един лазер с преносимо хранване, но аз не бях влизал в мина. Отидохме в мина Росен край Бургас, вкарахме лазера, той светна и угасна. Късо. То отвсякъде тече вода, а ние не сме взели чак такива мерки. Преправихме го, но те отишли лятото на някакъв обект, и взели, че го изтървали от високото и с това свърши маркшайдерската работа.”

С Института по растениевъдство правят облъчване с хелий-неонов лазер с цел получаване на мутации на нови видове. Даже са открити нов сорт домати, средно ранен: “но се оказа, че за да се регистрира един нов сорт трябва пет години да минат, за да не би да е станало случайно. Четири години направихме, петата година стана промяна на строя и пропаднаха тия опити. Една година трябваше само!”

Съвместно с Института по цветарство правят облъчване с лазерна светлина на лалетата. Лалетата са двугодишни растения – през първата година дават дребни като арпаджиците луковички, другата година се засаждат, дават цвят и голяма луковица. Но когато е малка луковичката, тя не дава цвят. От Института искат, ако може, още

първата година да даде цвят: “облъчвахме ги, те казваха, че има влияние, получават се повече цветове, отколкото тези без облъчване, но и там като стана смяната и всичко пропадна. След това с Института по физиология на растенията изследвахме, с хелий неонов лазер, облъчвахме полен, пращец от тютюн, за стимулация, облъчвахме семе, жито, за получаване на по-големи добиви и ефект. Казваха, че има ефект. С тия колеги, с които аз работих за получаване на мутациите, понеже знам, че понякога човек взима желаното за действително, им давах пробите, едната, която служи за еталон, другата, която е облъчвана, аз им я давах А и Б, те не знаят коя каква е. Работихме и с Института по микробиология. Правихме облъчване и те ми казваха, че са получили нов щам, даже получиха авторско свидетелство.

Успоредно с това лазерите намират естествено приложение и във военните цели. През 1976 година, ктн д-р Ст. Диноев след като се връща от Полша, където защитава дисертация, започва да работи във Военен институт 22 810. В това време във Военния институт Марин Иванов и Ада Яковлевна се опитват да направят тренажор за оръдията с право мерене: “И аз разработих цял полигон с влакчета на релси, движещи се, на които влакчета имаше приемници – да може като облъчи лазера с пушката като попадне на мишенката да се каже, че е победен. Направихме цял полигон с баири, реки и т.н., където оръдията с право мерене да могат да поразяват целта, да може да се поразяват целта, да се тренират екипажите, щото са много скъпи снарядите а да се тренират екипажите за стрелба по танкове с право мерене.”

„Вторият лазер – твърдотелен YAG:Nd върху който защитих докторската си дисертация в Полша на тема „Оптимизация параметрите на YAG:Nd лазер го включих в Националната програма като най-новия лазер с петкратно по-добри изходни параметри от лазерът на стъкло с Nd. Още повече, че Института по неорганична химия на БАН с ръководител Акад. Близнаков двама специалисти работеха по темата, но поради липса на средства не можеха закупят установката за израстване по метода Чохралски (разполагаха с 60 000 долара а бяха нужни още 70 000 долара). Като тема от програмата активно се включиха и ДКНТП и ДСО Металхим и средства бяха набавени не само за установката, но и за технологията. Разбира се това доведе до преместването на разработката в гр. Пловдив, където създадохме филиална секция на ИСО, като привлякохме физикът Владо Рибаров от КЦМ гр. Кърджали да поеме и ръководи работата. Ген. директор на ДСО Металхим инж. Илия Гунчев се оказа много благодатен ръководител като осигури и помещения за целта, а по-късно построи и цял завод –  за лазери в гр. Пловдив.”

Малко по-късно ктн д-р Ст. Диноев е изпратен в завода (картонената фабрика) в “Хаджи Димитър”, където работи със свои колеги около месец и го превръщат в завод за лазери. Така започва производство на лазери на чиста мед и CO_2 – лазери, като „в първо направление на НИСО при Иван Кирчев работеха огледала за CO_2 – лазери, полупропускащи, пълнопропускащи, модулиращи кристали, всичко това отиде в Оптикоелектрон гр. Панагюрище, също поделение на ДСО Металхим, където се внедриха за серийно производство”. (Стоян Диноев)

Но разработвания от Мария Петрова в 7 секция на НИСО 50 W CO₂ – лазер с надлъжен разряд не задоволява нуждите на ДСО Металхим и за целта със съдействието на външнотърговска фирма е закупен 1500W CO₂-лазер, но на друг принцип, с напречен разряд и висока честота на повторение на импулсите. Той е предаден на секцията – филиал на ИСО, но вече преобразувана в направление. „Организацията беше много добра и само за шест месеца бе изработен работещ прототип, демонстриран на Пловдивския панаир през 1982г. Година по-късно колегите разработиха и работещ прототип от 2500W. И двата лазера бяха внедрени в завода за лазери гр. Пловдив.” (Стоян Диноев)

Стоян Диноев си спомня: „При една служебна командировка през 1983 г. до Института по квантова електроника – гр.Варшава по време на разговорите с бившия ми ръководител на докторантурата ми проф Пузевич, същият се похвали с постигнати успехи при приложението на YAG:Nd лазера. Успешно са разработили лазерен далекомер за нуждите на артилерията. Връщайки се в България споделих този успех в ДСО Металхим и се взе решение да разработим лазерен далекомер – бинокъл за нуждите на армията. Пак със съдействието на Външнотърговската фирма закупихме от Шведска фирма модел на лазерен далекомер – бинокъл. Разработката бе възложена на новосъздаденото 7-мо направление в НИИСО с ръководител н.с. Марин Иванов. За година и половина бе разработен такъв лазерен далекомер – бинокъл и усвоен в серийно производство.”

В СУ “Кл. Охридски” също са разработени голям брой лазери, оптични преобразователи на честоти, изследвани се полупроводникови лазери, усвоени са инжекционни лазери с активна среда галиев арсенид.

През 1980 г. в университета е създадена първата лазерна апаратура за промишлени цели. Нарича се ЛИР-1. Предназначена е за изрязване на участъци от покритието на графитни електроди за електродъгови пещи и за контролиране на качеството на покритието. Към тази апаратура се проявява интерес и в чужбина.

Както е известно, през последните години полупроводниковата промишленост започва да произвежда хибридни интегрални схеми, при които най-важен проблем е функционалната настройка. За да се отговори на тази нужда, във Физическия факултет към университета под ръководството на доцент Константин Стаменов е конструирана апаратура «ЛТА Гранат-Н», предназначена за настройване на тънкослойни и дебелослойни резистори и интегрални схеми, за корекция на фотомаски, кварцови резонатори и филтри. През 1981 г. тази апаратура печели на Пловдивския панаир златен медал, а подобреният и дизайн получи през 1982 г. националната награда «Златни ръце» на Държавния комитет за наука и технически прогрес. Само три апарата от нея дават икономически ефект около 200 000 лева. Значителен е интересът към тази апаратура и в чужбина.

Голямо приложно значение има и друг апарат от тази серия. Това е «ЛТА Гранат-М». Предназначен е за изписване на букви, цифри, символи и графици върху метали и диелектрични материали.

Друга разработка на университета е лазерният интерферометър, предназначен

за изключително точни измервания при изработване на металоурежещи машини и за автоматично управление на обработването с тях. Точността на уреда е 1 микрометър. Резултатът се дава в цифров вид.

В БАН активно се усъвършенства лазера с пари на меден бромид. Той се явява най-ефективния лазер във видимата област на спектъра. Медния атом генерира на два сомоограничени прехода с дължина на вълната 510.6 nm и 578.2 nm. При използване на чиста мед като активна среда необходимата за генерация температура е 1500 °C, което създава значителни трудности при изследванията и експлоатацията му. При лазера с пари на меден бромид работната температура е 500 °C, т.е. с 1000 °C. Това води до някои значителни предимства като: използването на кварцови тръби вместо керамични; времето за стартиране на генерацията е 5-15 мин. (за сравнение при чистата мед е над 30 мин.); реализиран е режим на отпоена тръба, което го прави годен за експлоатация; по-голямата продължителност на лазерния импулс води до по-добро качество на лазерния лъч; повторението на лазерните импулси е 3-4 пъти по-високо в сравнение с лазера с пари на чиста мед.

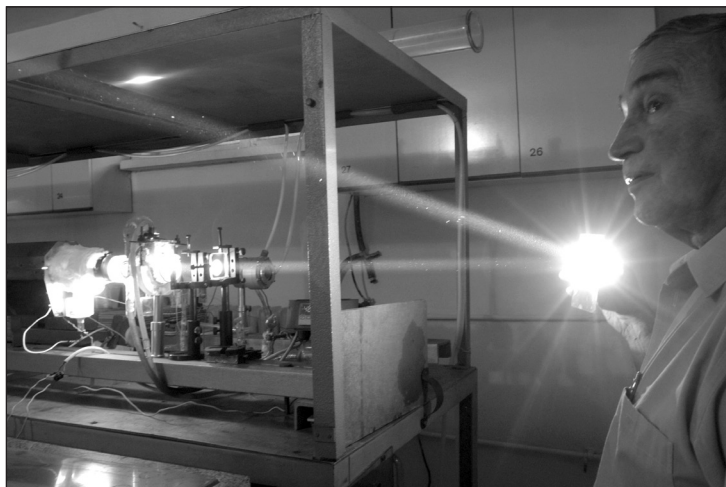
В резултат на продължителни и задълбочени изследвания се стига до значителни резултати в развитието на лазера с пари на меден бромид. В отпоена лазерна тръба и средна изходна мощност до 10 W (на двете линии) е получено време на живот до 1000 часа при стабилност на лазерната мощност до 1 %. Тези научни и технологични изследвания под ръководството на лабораторията доведоха до комерсиално производство на лазера с пари на меден бромид.

Силния ефект на водорода в лазера с пари на меден бромид е открит през 1985 год. от Д. Астаджов, Н. Съботинов и Н. Вучков. Добавянето на 0.3 Torr в буферния газ Ne при общо налягане 15 Torr води до двойно увеличаване на изходната лазерна мощност. Оптималното налягане е намерено експериментално и при по-високи налягания изходната лазерна мощност спада. След окриването на силния ефект на водорода интересът към лазерите с пари на чиста мед и на меден бромид силно нараства във всички лаборатории по света занимаващи се с тези лазери. На базата на добавки от водород в Шотландия и Австралия са създадени два нови типа лазери.

В последващите работи на лабораторията е изяснен механизма който води до двойното покачване на средната изходна мощност и коефициента на полезно действие на лазера с меден бромид.

Въху лазера с пари на меден бромид са получени редица патенти, има издадени патенти в САЩ, редица страни в Европа и Австралия. В Австралия е продаден лиценз и там до сега се произвежда лазера и се използва за медицински цели.

През 1988-1989 година в лабораторията са създадени две нови оригинални електрически схеми за възбуждане на лазера с пари на меден бромид – схема с взаимовъздействащи изострящи контури и схема с взаимовъздействащи контури. Експериментално е получено, че средната изходна лазерна мощност и коефициента на полезно действие при използване на схемата с взаимовъздействащи контури се увеличава с 60 % при еднакви условия на работа.



Мощен, около 100 вата, лазер с пари на меден бромид



Ултравиолетов меден йонен лазер

Мощен ултравиолетов лазер на йоните на мед и злато в наносекунден импулсен надлъжен разряд

Едно съществено достижение на лабораторията е мощния ултравиолетов лазер на йоните на мед и злато в наносекунден импулсен надлъжен разряд. Медния йонен лазер с пари на меден бромид генерира на 5 йонни линии в областта 248.6 – 270.3 nm, а лазера на йони на златото на 4 йонни линии в областта 282.3 – 291.8 nm.

Върху медния йонен лазер с пари на меден бромид възбуден в напречен импулсен наносекунден разряд са проведени задълбочени изследвания. Определени са условията за оптимална работа на лазера, както и елементарните процеси протичащи в газоразрядната плазма, водещи до

създаване на инверсна населеност. Получена е максимална средна изходна мощност от 1.3 W, което е ненадминат и до сега рекорд.

Този лазер е обект на голям интерес през последните години поради възможността за приложение в редица области, такива като прецизна микрообработка на различни материали, включително и биологични тъкани, лазерна литография в микроелектрониката, лазерно индуцирана модификация на различни нови материали и т.н.

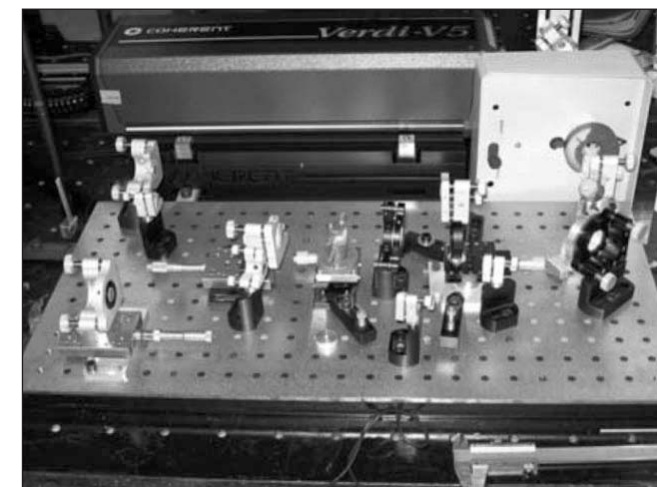
Перспективи

Лаборатория по фемтосекундна фотоника на СУ

В помещенията, осигурени от Софийския университет, в Лабораторията по ла-

зерна техника (бившата Проблемна научно-изследователска лаборатория по лазерна техника; понастоящем самостоятелно звено към Физически факултет), със собствено финансиране от СУ, през 2006г. е изградена инфраструктурата на съвременна Лаборатория по фемтосекундна фотоника. По национален проект за стимулиране на научните изследвания в държавните висши училища (проект ВУФ-02/2005 с ръководител проф. Иван Христов) е закупен едночестотен твърдотелен лазер с удвояване на честотата, генериращ до 5 W непрекъснато лъчение на дължина на вълната 532 nm (лазер Verdi 5, Coherent). Колективът на проекта, ползвайки този прецизен възбуждащ източник, с водещото участие на доц. Иван Бъчваров, създава през 2006 г. първия в страната фемтосекунден осцилатор на базата на сапфиров кристал, легиран с титан. Лазерът излъчва суб-28-фемтосекундни импулси с честота на повторение от 83 MHz, при енергия на единичен импулс от 4 nJ. Понастоящем тази система се използва за тестове на нови идеи, за обучение на докторанти и за експерименти, за които относително ниските пикови мощности (~0.1 MW) и интензитети са достатъчни, а е важна високата честота на повторение на импулсите. По следващ проект с национално финансиране, от фирма Quantronix бе закупена система, включваща фемтосекунден генератор, разширител на импулсите, два усилвателя и компресор на импулсите, която позволява генериране на суб-40-фемтосекундни импулси с честота на повторение от 1 kHz, при енергия на единичен импулс от над 3.5 mJ. За ориентир за огромните пикови мощности (~50 GW) и интензитети, които тази система е в състояние да осигури на дължина на вълната около 800 nm, може да се каже, че снопът на лазера, фокусиран с обикновена дългофокусна леща (~20 cm) генерира кохерентна бяла светлина във въздуха, ползвайки го като нелинейна среда.

Колективът на проекта (изследователи от катедра Квантова електроника и техни от БАН и ЛТУ) продължават изграждането на лабораторията и изследванията си в областта на генериране на кохерентна фемтосекундна светлина в областта на вакуумния и рентгеновия ултравиолет и нейните приложения. Готов е и общият компютризиран комплекс за управление и за регистрация на експериментални данни. С двата лазера могат да се провеждат изследвания по нелинейна оптика със свръхвисока времева разделителна способност.



Едночестотен твърдотелен лазер с удвояване на честотата, генериращ до 5 W непрекъснато лъчение на дължина на вълната 532 nm (лазер Verdi 5, Coherent)



Система, която позволява генериране на суб-40-фемтосекундни импулси с честота на повторение от 1 kHz, при енергия на единичен импулс от над 3.5 mJ

Light Infrastructure; 7th FP of the EU), инициатирано от, за съжаление вече покойния, чл.-кор. проф. Соломон Салтиел.

Лабораторията Лазери с метални пари при ИФТТ към БАН

Неотдавна при използването на лазер на свободни електрони, пренастройваем от 2.9 до 20 μm , е получено, че лазерното лъчение с дължина на вълната 6.45 μm е най-ефективно за аблация на меки тъкани и кости с минимални нежелани отлагания и термични увреждания. Полагат се огромни усилия да се намери и разработи лазер, генериращ на линията 6.45 μm с изходни параметри достатъчни за аблация на меки тъкани и кости, притежаващ много по-голяма клинична приложимост. Лазерна система генерираща в средната инфрачервена област на спектъра, характеризираща се с висока енергия на импулса (средна изходна мощност над 4 W) и високо качество на снопа, т.е. ниска разходимост, и базирана на разработения в ЛМП, ИФТТ–БАН He-SrBr₂ лазер, може да бъде успешно използвана вместо лазера на свободни електрони в биофизиката, медицината и дентологията. Допълнително предимство на He-SrBr₂ лазер е възможността за генерация на няколко други линии в СИЧ диапазон, групирани около 1 и 2–3 μm . Откакто за първи път е описан ефекта на лазерно лъчение върху биологични тъкани, са разработени няколко уникални лазерни приложения в биофизиката, офталмологията, ангиопластиката, урологията, дентологията и ортопедната хирургия.

И така при съчетаване на силния ефект на водорода и използване за възбуждане схемата с взаимодействащи контури, с лазера с пари на меден бромид са получени средните рекордни резултати останали ненадминати и досега.

Лабораторията по фемтосекундна фотоника, ръководена от доц. Иван Стефанов, работи, както и в миналото, в тясна връзка с катедра Квантова електроника, която се ръководи от проф. Александър Драйшу. Високотехнологичната апаратура се използва и ще бъде използвана съвместно с учени от БАН и ще даде реални възможности за кандидатстване за Рамковите програми на Европейския съюз, обясниха от новото звено. Реална стъпка в тази насока е участието на Катедрата и Лабораторията като български представители в консорциума “Екстремна светлина” (Extreme

1. Лазерна тръба с активен обем 4.77 cm³ – максимална изходна мощност 6.7 W и специфична мощност 1.4 W/cm³ – рекордна специфична мощност.

2. Лазерна тръба с активен обем 157 cm³ (L = 50 cm) – максимална изходна мощност 24 W и максимален КПД 1.8%.

3. Лазерна тръба с активен обем 5650 cm³ (L = 200 cm) – максимална изходна мощност 120 W и максимален КПД 3% – рекордни средна изходна мощност и коефициент на полезно действие – ненадминати и досега.

Заклучение

Авторите дълго се чудиха как да завърши статията. Единият от тях, щастлив в битието си и на учител по физика, имаше удоволствието преди няколко месеца да заведе един от класовете, на които преподава, на посещение във Физическия факултет и по специално в лабораториите на катедра Квантова електроника.

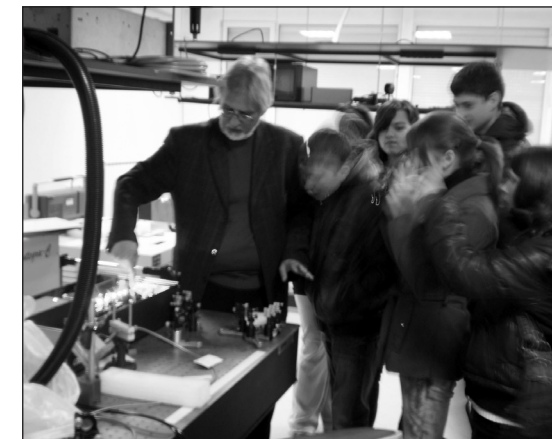
Нужно е да се направи уточнението, че учениците, макар и разбира се не съвсем обикновени каквито са всички тийнейджъри, са от съвсем обикновено общообразователно училище в краен квартал на София. Та след чудесните лекции и демонстрации на проф. Александър Драйшу и доц. Християн Стоянов в лабораториите, излизайки от сградата на факултета, едновременно доволни от демонстрираното с лазерите, но и учудени, ме наобиколиха и не скривайки изумлението си ме заразпитваха дали този университет изобщо го финансират и защо е в такова окаяно състояние. Откровено казано, ми беше трудно да им обясня как е възможно да се постигат резултати на световно ниво, а финансирането да е африканско.

Това е, драги читателю, нашето заключение. Твоето можеш да го направиш и сам.

Бележки

1 – Нелинейни явления – Нелинейните оптични явления са онази област, където отчетливо се проявява неразделимото единство на двойствената природа на светлината. Наистина от квантова гледна точка удвояването на честотата изглежда така. Кристалът, който има нелинейни свойства, превръща два кванта с малка енергия (два кванта на инфрачервеното излъчване) в един квант с двойно по-голяма енергия (квант на зелената светлина).

Нелинейните среди могат да предизвикат и още по-учудващи явления. Те могат да обединят енергията на светлинния квант – фотона, с енергията на кванта на топлинните трептения – фонона, и да породят фотон с енергия, по-голяма от първоначалната. Това



Момент от посещението на ученици в лабораторията

значи, че преминавайки през кристала, светлинният лъч ще взема част от неговата топлинна енергия. При това светлинната енергия ще се увеличи, а кристалът малко ще се охлади.

2 – Снимките – Лазерен визир на теодолитна стойка с колона. Инв. № 06327; Тръбички с вътрешни огледала. 1970-1971 г. Инв. № 06331; Рамки за резонатори за малки лазери. Около 1970 г. Инв. № 06321; Вълноводен азотен лазер. Инв. № 06318; Лазер, азотен. Ивайло Златанов, 1972-1973 г. Инв. № 06315; Лазер, рубинов. Първият български лазер. Инв. № 06312; Импулсни лампи за възбуждане на рубинов лазер 1961-1963 г.; Инв. № 06316; Стабилизиран токоизправител, служил за захранване на първите български лазери. Инв. № 06310; Импулсни лампи за възбуждане на рубинов лазер. Инв. № 06316; Високовакуумен прогреваем кран за He-Ne лазери. Инв. № 06330, използвани в двете части на статията, са получени от Националния политехнически музей, които са към основния му фонд. Предметите са предадени през 1990 г. от ст.н.с. Васил Стефанов – ИЕ при БАН на Националния политехнически музей.

Използвана литература

Георгиев, Г. и С. Салтиел. Практикум по квантова електроника и лазерна техника. София, 1993

Предложение за обявяване на ст. н. с. II ст. в НИИО направление Лазерна техника

Радунска, И. Раждането на лазера. София, 1971

Списък на предметите, предадени през 1990 г. от ст.н.с. Васил Стефанов – ИЕ при БАН на Националния политехнически музей

30 години Квантова електроника и лазерна техника в СУ „Св. Кл. Охридски“

От огледалата на Архимед до Гама-лазера (свалено от <http://lazeri.hit.bg/camelot2.html>)

Javan, A., Bennett, W. R. and Herriott, D. R.: "Population Inversion and Continuous Optical Maser Oscillation in a Gas Discharge Containing a He-Ne Mixture". Phys. Rev. Lett. 6 3, 106-110 (1961).

http://www.physics-online.ru/PaperLogos/285/qe_photos.phtml

Авторите изказват своята голяма благодарност за непрекъснатото оказвано съдействие и подкрепа на:

Проф. д-р Параскева Симова

Ст. н. с. д-р Васил Стефанов

Ст. н. с. д-р Стоян Динев

Проф. д-р Ал. Драйшу

Ст. н. с. д-р Пенка Кирчева

Проф. д-р Георги Георгиев

Любов Филипова – главен уредник в Политехнически музей

Гая Русева – уредник в Политехнически музей

КАК ДА УПРАВЛЯВАМЕ ПРАВЕНЕТО НА НАУЧНИ ОТКРИТИЯ?

Ахмед Зевайл*

Пазете се от твърде пряка намеса в администрирането на науката. Историята ни учи да ценим ролята на любознателността на учения.

При неотдавнашното ми посещение на страните от югоизточна Азия един министър-председател ме попита: „Какво трябва да се направи, за да получим Нобелова награда?“ Аз отговорих веднага: „Инвестирайте във фундаментални изследвания и привлечете най-добрите умове.“ Подходът към научните изследвания базиран на любопитството на учения в съвременния свят става все по-старомоден и все повече се подценява. Има хора, които считат, че по-добри резултати могат да се постигнат чрез едно „по-здраво“ управление на изследванията. Като че ли ние можем да предскажем бъдещето?! Аз намирам, че подобни възгледи са едно нещастно неразбиране, което обаче се отразява негативно върху финансирането на изследванията. Аз непрекъснато чувам, особено в развиващите се страни, че: „Приложните изследвания са това, от което имаме нужда.“ Няма нищо лошо ако в една страна има научни изследвания, които са ориентирани към решаването на определени задачи или научни програми, такива като космическите изследвания или пък разработването на алтернативни източници на енергия. По време на моето посещение като официален пратеник на американското правителство по въпросите на научните изследвания аз наблюдавах на това, че без солидни инвестиции в обучението на научни кадри и в създаването на фундаментална база за научни изследвания, страните няма да придобият необходимия потенциал за правенето на научни открития и иновации. А иновациите са, които ще оформят бъдещето на развиващите се страни.

Има множество примери за научни открития, при които движещ мотив е любопитството на учения. През 1976 г., моята първа година на преподавател в Калифорнийския технологичен институт (Калтех) в Пасадена, аз имах разговор с вече възрастния Ричард Файнмън относно една негова теоретична статия по квантова оптика. Статията беше публикувана преди 20 години. Но в нея се съдържаше ключът към провеждането на експерименти, които биха позволили да се визуализира взаимодействието на лазерното лъчение с веществото. С усмивка Файнмън ми разказа, че в тази своя статия той просто е искал да отговори на някои чисто фундаментални въпроси на теоретичната физика. Един по-известен пример е създаването на лазера

Ahmed Zewail – носител на Нобелова награда по химия за 1999 г. „За изследванията му върху преходните състояния на химическите реакции, използвайки фемтосекундна спектроскопия“. Зевайл е създател на ново направление в химията, т.нар. фемтохимия. Той е член на Комитета от съветници по научни и технологични въпроси на Президента Барак Обама.

от Чарлз Таунс^{**}. По време на честването на 50-годишния юбилей на това откритие, състояло се в Париж през това лято, Таунс отбеляза, че в началото той бил движени единствено от фундаменталните въпроси на микровълновата спектроскопия и от това как може да се усили светлината. На въпросното честване аз самият разказах, че любопитството беше онова, което ме водеше в моите изследвания по фемтосекундна химия и че това любопитство ме доведе до създаването на четиримерната електронна микроскопия, визуализираща материята в пространството и времето и до получаването на Нобеловата награда за 1999 г.

Квантовата механика, теорията на относителността и дешифрирането на генетичния код са открития, направени отново поради любопитството на учените. Такива са и редица революционни технологии. Ядрено-магнитната томография е резултат от любопитството да се разбере какво е поведението на спина на електрона в магнитно поле. Транзисторът е резултат от любопитството на учените относно поведението на електроните в полупроводници. Тези открития бяха последвани от бум на електрониката и информационните и медицинските технологии, които днес съставляват гръбнака на съвременната икономика и на глобалните комуникации. Любопитството се отплаща!

По какъв начин да стимулираме извършването на подобни изследвания в наши дни? За това е необходима атмосфера на сътрудничество между учени, работещи в различни области и създаването на съвместни колективи. Но не чрез тежки управленчески структури, тъй като творческите личности и бюрократите не могат да работят в хармония.

Съществува ли формула за добро управление на правенето на открития? Отговорът е в следните три най-важни неща.

Първо. Най-важни са хората участващи в изследването. Трябва да се даде приоритет на задълбоченото и вдъхновяващо образование. Научните изследвания трябва да привлекат най-добрите млади умове. Без подходящите хора огромните сгради и масивното финансиране няма да даде много.

Второ. Атмосферата на интелектуален обмен е от първостепенна важност за изкристализирането на идеите. Отклоняването на вниманието на учените от техните изследвания към писането на обемисти и многобройни проекти или пък превръщането им в администратори е началото на края. Съвременните научни институции са станали толкова сложни и обемисти, че традиционните модели на финансиране трябва да се преразгледат.

Трето. Без необходимите ресурси твърде малко може да се направи, независимо колко способни са изследователите. Очевидно, науката се нуждае от инвестиции за строителството на научни инструменти и за наемането на необходимия брой компетентни специалисти. Страните и институциите, които обезпечават необходимата

Авторът пропуска имената на руските учени Николай Басов и Александър Прохоров, които заедно с Чарлз Таунс получиха Нобеловата награда по физика за 1964 г. за създаването на оптичните квантови генератори – лазерите.

инфраструктура и необходимото финансиране ще бъдат местата, в които се извършват големите открития. Но подобна подкрепа трябва да следва визията на творческите учени, а не трябва да се строи само за да се привлекат пари или пък да се насочват изследователите в модните за момента области, като нанотехнологиите.

Управниците на много развиващи се страни искат да открият пътя за достигането на нивото на иновации на развитите страни. В отношение на науката те често пренебрегват ключовата роля на фундаменталните изследвания и на обучението на кадри. За съжаление подобни тенденции се промъкват вече и при развитите страни. Политическите лидери трябва да осъзнаят, че именно търсенето на ново знание движи иновациите и че без него младите студенти няма да бъдат привлечени към професията на учения.

Аз бях щастлив да прекарам последните 30 години от моята кариера в една институция, която вярва в ценностите за които говорих по-горе. Въпреки натиска за промени аз се надявам, че Калтех ще продължи да съхранява своята уникална култура, ще продължи да бъде, по думите на моя колега и предишен президент на Института Дейвид Балтимор – едно „село на науката”.

Да се съхранява знанието е лесно. Да се предава знанието също е лесно. Но да се добива ново знание не е нито лесно, нито е доходоносно в краткосрочен план. Фундаменталните изследвания обаче са доказано доходоносни в дългосрочен план, и което е особено важно, те са онази сила, която обогатява културата на всяко общество с разум и базисни истини.

Превод: Динко Динев
Nature, v.468, 18 November 2010, p. 347

СТРАСТ ЗА ОТКРИВАТЕЛСТВО

Питър Фройнд

Кратки въстъпителни бележки на преводача

Човешката природа, стояща зад научното търсене, рядко намира своето пълноценно описание. Нужни са две особени качества – дълбоко познаване на науката и тънък художествен усет. Питър Фройнд, авторът на книгата „*Страст за откривателство*“, притежава и двете. В трийсетина есета той създава богата галерия от образи, съдби и събития, свързани с творчеството на много от най-изявените учени физици и математици на 20 век. Старателно се въздържа да изтъква личното си присъствие, но умело вътква собствените си спомени в една по-цялостна картина на чуто и научено, допълнена с деликатни психологически щрихи.

Самата житейска съдба на Питър Фройнд го стимулира да търси човешките измерения отвъд научните търсения. Роден в Румъния, през 1936 г., той следва физика в Политехническият университет на родния си град Тимишоара. По време на събитията в Унгария, през 1956 г., Фройнд участва в анти съветска демонстрация. Румънската полиция (секуритате) го арестува и заедно с други студенти го изпраща на разстрел. Спасява се по случайност.

По-късно емигрира във Виена, където се дипломира като теоретичен физик под ръководството на Валтер Тиринг. Започва работа в Женева, после специализира известно време в Принстън, САЩ, а от 1965 г. е преподавател в Чикагския университет. Изследователските му интереси обхващат теми от калибровъчната теория, спонтанни компактификации на пространствени размерности в суперструнни теории (известна с имената на Фройнд и Рубин) и др.

От началото на 21 век Фройнд започва да пише разкази, публикува няколко по-вести и един роман.

Едната от двете дъщери на Питър Фройнд, Каролайн, икономист по образование, е омъжена за сегашния български вицепремиер и финансов министър Симеон Дянков. В предговора към книгата Питър Фройнд специално благодари на дъщеря си Каролайн Фройнд и на зет си Симеон Дянков за наблюдението им, че книгата представлява общо културен и общочовешки интерес и за тяхната препоръка книгата да бъде адресирана към по-широка читателска публика отвъд физическото съсловие. (Дали някога и българската наука ще има добър повод да благодари на министър Дянков?!)

През юни т.г. професор Фройнд беше на частно посещение при близките си в България. Август, 2010 г.

Глава 1. След като Айнщайн вече се е оттеглил

Беше късна есен, когато моят колега Субраманиан Чандрасекар – или Чандра,

както всички го наричахме обикновено, едно истинско възплъщение на аристократично поведение, се появи в кабинета ми видимо силно развълнуван или направо потресен.

“Видя ли новата биография на Шрьодингер?” Говореше за прелестната книга на Уолтър Мур, посветена на големия австрийски физик Ервин Шрьодингер. “В нея има снимки на пет негови любовници и на две от неговите извънбрачни дъщери.”

“Е, и какво от това? Физиците не са светци, а даже светците не винаги са такива. Вземи Свети Августин”.

“О, но Питър, когато аз бях студент, големият учител Зомерфелд дойде в Индия да разказва за новата квантова механика. Той ми внуши факта, че това е творение на група от изключителни млади хора: Хайзенберг, Шрьодингер, Дирак и Паули, които са се посветили на науката и са се отказали от всичко друго в живота. Там и тогава аз се заклех да следвам техния пример и през целия си живот съм спазвал това правило, а сега това ...”

Думите на Чандра така ме заинтригуваха, че аз веднага се отправих към книжарницата и купих книгата. За мен не беше голяма изненада че Шрьодингер е обичал женското общество. Историите за неговите флиртове са безброй. Но бях истински шокиран, когато научих, че неговата съпруга, Ана Мария, е имала романтична връзка с Херман Вайл – един от най-големите математици на двадесети век. Бях се запознал с г-жа Шрьодингер по време на следването си във Виена. След смъртта на знаменития ѝ съпруг аз неведнъж бях канен на обяд в нейния апартамент в девети район. Тя беше родом от Залцбург, където е израснала в съседство на онези “непоносими Караянови”. Г-жа Шрьодингер трудно понасяше положението си на вдовица. Беше силно потисната. По препоръка на приятели и на личния ѝ лекар тя често канеше гости на обяд, който в Австрия все още е главното ядене на деня. Оказа се, че на нейните услуги е един от най-добрите готвачи във Виена. В цяла Виена не можеше да се намери по-вкусно приготвен *Beuschel mit Knoedel* – този типично австрийски специалитет, приготвен от телешки бял дроб. Именно на един от тези обеда чух за пръв път за враждата между Айнщайн и Шрьодингер, породила се от тяхната обединена теория.

Обединените теории възникват, когато става ясно, че много от силите и формите на материята, които играят важна роля в нашия ежедневен живот (такива като триене, бутане и теглене, огън, вода и т.н.) са само незначителни детайли във великата схема на нещата. Всичко се свежда до един много малък брой *фундаментални* сили и *фундаментални* форми на материята. Точно както древните са намалявали непрекъснатото броя на основните божества, докато накрая стигат до една или друга форма на монотеизъм, така и стремежът да разберем природата ни кара непрекъснато да редуцираме нещата и накрая ни довежда до идеята за една или друга обединена теория.

Когато въвеждаме в употреба думи като *обединена теория* би трябвало да признаем, че в продължение на векове физиците са били доста необуздани в употребата на езика. Думи като *атом* и *протон* са създадени в момент на възбуда само за да бъдат заменени с други в търсенето на *истински* фундаментални форми на материята. Същото става и със силите, за които обединената теория, а даже и *великата* обединена

теория са построени само за да доведат по-късно също до по-фундаментални. Грандоманските думи свидетелстват за героизма на търсенията и за опасностите да бъдем подведени от неща, които ни изглеждат като триумф. Прилича малко на разходката из някоя европейска столица и внезапното осъзнаване, че мнозина от тези генерали и маршали, в чест на които са назовани улици и площади, в крайна сметка са загубили своите войни.

Най-първата стъпка по пътя към обединението е направена през деветнайсти век, когато Джеймс Кларк Максуел обединява електричеството и магнетизма в красива и съгласувана теория. Густав Ми пръв предлага в началото на двайсети век примерът на Максуел да бъде последван и *всички* сили да бъдат обединени, макар че по това време още не са открити всички сили. Ми е Джакомо Майербер на обединената теория. Точно както оперите на този композитор сега са почти забравени и никога не са били взимани на сериозно от Верди и Вагнер, двамата велики в оперното творчество от времето на Майербер, така и работите на Ми по обединената теория днес по същество са забравени и никога не са били възприемани сериозно от Айнщайн. Нещата отиват дори до там, че Вагнер, воден отчасти от своя антисемитизъм, открито проявява своята омраза към Майербер, а и Айнщайновото отношение, макар да не носи белезите на фанатизма, също е твърде антагонистично. И все пак, точно както *великата* опера – дали не намеждам за словесни увлечения и сред музикантите? – би била немислима без Майербер, така би било съмнително, че стремежът към единност би възникнал толкова рано, ако не бяха идеите на Ми.

Към средата на двайсети век Алберт Айнщайн в Принстън и Ервин Шрьодингер в Дъблин се заемат независимо един от друг да разработват ранната версия на обединена теория, в която като достойни за обединение се смятат само гравитацията и електромагнетизмът. Дватама изобщо не знаят за останалите две фундаментални сили – твърде слабо проучените по това време слаби и силни взаимодействия, отговорни за бета-радиоактивността и за ядрената енергия. Тези ограничения се утежняват от факта, че шейсетгодишния Шрьодингер и седемдесетгодишния Айнщайн развиват микроскопична или “класическа” теория, която не е адекватна за микроскопично равнище на атомите и техните съставни части. На това равнище енергията се излъчва на кванти и е валидна нова, т.нар. квантова теория.

Дватама учени развиват тази теория без особено напрежение и обменят писма относно нейните детайли. После, през 1947, Шрьодингер изнася лекция за теорията и предявява някои доста пресилени претенции относно нейните перспективи. За тях е написано в пресата и това силно притеснява Айнщайн. В съвместната си заблуда двамата възрастни физици силно надценяват значението на това незавършено обединение. Пламъците се разгарят от стари несъгласия, възникнали между двамата бивши берлински колеги от времето на отминалата война. Това е добре известно и е чудесно изложено в книгата на Мур. Но историята има продължение. Според г-жа Шрьодингер разпратата между Айнщайн и Шрьодингер се разгаря до такава степен, че от двете страни е произнесена грозната п-дума – плагиат – и се обмислят съдебни

действия. Именно в този момент се появява правилният помирител – Волфганг Паули. И двамата обединители имат респект към Паули като блестящ учен, критичен, безусловно честен и откровен. Той ги предупреждава, че без да е от значение колко велики са постиженията им от миналото, ако спорът им дойде до съд, те ще станат за посмешище на целия свят и репутацията им ще пострада извънредно много. След което Паули добавя: “Освен това аз не виждам за какво е целият този шум. Теорията е зле замислена. Ако вие свържете *моето* име с нея по какъвто и да е начин, тогава аз ще имам правото да ви съдя.” Това оправя нещата.

Напредналата възраст играе важна роля за обяснението на този епизод; възрастните хора са склонни към повишена мнителност и са по-малко критични. Да прибавим още, че в напреднала възраст Вернер Хайзенберг, единственият истински съперник на Айнщайн за върха на физиката на двайсетия век, също търси *своята* – досещате ли се? – обединена теория, зачената в сътрудничество не с друг, а с Волфганг Паули, който, за негова чест, се оттегля, преди нещо да е публикувано.

Какво е карало тези гиганти да търсят обединена теория в своята напреднала възраст? Отговорът може да се търси на две нива. На едно ниво това е акт на окончателен най-мощен стремеж. Всичките тези хора са имали многобройни постижения в науката. Виждайки, че силите им намаляват, те се опитват да нанесат един последен удар на най-големия проблем – да се намери окончателната теория и с нея физиката да *завърши*. Подобен стремеж е до известна степен егоистичен, защото, ако се окаже успешен, всичко, което би останало на следващите поколения, би било да си изтупат праха и да се заловят било с изследване на сложни системи, било с хаос – с каквото и да е, но не с търсенето на красиви прости закони, доколкото те всички вече ще бъдат открити. Възможно е, извън свойството им с лекота да се отпечатват върху човешкия мозък, законите на природата да са такива, че да не е възможно те всички да бъдат открити или най-малко не е възможно да узнаем, че те всички са били открити. Това поне би гарантирало пълната трудова заетост на бъдещите поколения физици.

На друго ниво можем да предположим, че тези хора са тласкани от същото неутолимо любопитство, което в младостта им ги е извело до такива върхове. Те искат да узнаят решението на загадката, която ги е занимавала през целия им живот; те искат през собствения си живот да хвърлят поне един поглед към обещаната земя. Не претендирам да зная техните истински мотиви; факт е, че всичко, което тези майстори (тук наред с Айнщайн, Шрьодингер и Хайзенберг аз включвам Ми, Нордщрьом, Калуза, Клайн и Вайл) са заченали, се е превърнало в основно поприще на цяло едно ново поколение, което все още се надява да постигне ТНВ – Теорията На Всичко. Може би такава теория е само мираж, но възможно е тя да е много близо до нас.

Глава 3. Един истински аристократ

Хората, станали свидетели на конфронтацията между Хайзенберг и Паули, като че ли повече помнят не сблъсъка на двата титана, а коментарите на присъстващия сред

публиката Ернст Щюкелберг дьо Брайденбах, големия швейцарски физик теоретик. Неговите бележки са отразени в протоколите на заседанията, но са силно съкратени. Той очевидно е преживял влошаване на психичното си състояние в резултат на драматизма на ситуацията, като на заседанията и по време на почивките е споменавал най-различни имена без връзка с физиката. Казват, че било твърде злобещо.

След сесията Щюкелберг се завърнал в кабинета си в Женевския университет на брега на Арве, грабнал пушката си и бил арестуван, след като тръгнал да я размахва по улиците на Женева. След като бил хоспитализиран от болничното заведение написал несвързано писмо до ректора на Университета, с което се отказал от професурата си. В един непроситим акт на лицемерие (психиатричното състояние на Щюкелберг за никого не е било тайна) и на снобизъм, неговата оставка била приета и Университетът предложил овакantenата катедра на най-различни научни светили. За чест на гилдията, въпреки всички съблазнителни предимства, никой от хората, на които е предложено, не пожелал да заеме поста, от който такъв майстор като Щюкелберг фактически бил уволнен. В крайна сметка швейцарският физик Йозеф Мария Яух приел поста ръководител на катедрата по теоретичната физика в Женева, но само при условие, че Щюкелберг ще бъде възстановен на мястото си и заплатата му ще бъде изплатена със задна дата. В резултат на това за пръв път Женевският университет има двама ръководители на катедрата по теоретична физика.

Моята първа работа след дипломирането ми беше в Женева, така че можех обилно да черпя от присъствието на Щюкелберг там. Беше висок човек с впечатляваща осанка и с непринуденото изящество на роден аристократ. Фамилията му имаше родствени връзки с германската императорска фамилия и през осемнайсети век неговите предшественици построили замък в Брайденщайн близо до Марбург, където преди това се издигала тяхната крепост от четиринадесети век. Той често напълваше цял куфар с книги и записки и местният кочияш го закарваше на железопътната гара. Семейството му е било феодален собственик на областта и както веднъж ми каза, измежду многото му титли имало и титла “покровител на евреите”. Щюкелберг идваше на работа в ловен костюм, със сиви туристически панталони и зелена жилетка, с вечната лула на устата. Той не се отделяше от своето куче – малко червеникаво кафяво създание, швейцарски ретривър, ако има такава порода. Кучето гледаше с обожание своя господар и потискаше финото си обоняние пред извънредно ароматния тютюнев дим от неговата лула. Освен експертното си познаване на изтънчените тютюни кучето имаше репутацията на доста добър физик. То присъстваше на всички семинари и Щюкелберг ни уверяваше, че кучето е много възпитано и започва да лае само когато открие грешка в аргументите на докладчика. Това се случи веднъж и наистина Щюкелберг, който до този момент като че ли не се интересува особено от темата на доклада, засипа докладчика с нетърпеливи въпроси, за да изясни защо швейцарският ретривър е недоволен. Единственото разумно обяснение, което съм чул относно това поведение на кучето, е, че без да притежава приписваните му от неговия господар качества на експерт по теоретична физика, кучето е било най-големият в света специалист по на-

строенията на своя господар. Кучето не е уловило грешка на докладчика – то просто е забелязало, че Щюкелберг става нервен, когато има такава грешка.

На кучето дори било разрешен достъп до ЦЕРН от генералния директор на тази голяма лаборатория. Говори се, че това бил единственият кучи син с постоянно разрешение за посещаване на семинарите в ЦЕРН.

В своето време Щюкелберг е направил някои много дълбоки и фундаментални открития. Той се досеща, че щом трябва да съществува частица от определен тип, т.нар. пи-мезон, която е около 280 пъти по-тежка от електрона, това направо може да обясни защо ядреното взаимодействие, което свързва частиците в ядрото, действа само на твърде малки разстояния – около сто хиляди пъти по-малки от размерите на самия атом – за разлика от електричните или гравитационните сили, чието действие се простира на микроскопични разстояния. Предсказанието на пи-мезона, открит по-късно експериментално, в днешно време обикновено се приписва на Хидеки Юкава, който получи Нобеловата награда за своите изследвания. Щюкелберг се е оставил Паули да го разубеди за тази негова идея. Паули му казал, че това е най-глупавото нещо, което някога е чувал и го предупредил, че уважението му към Щюкелберг ще се изпари, ако той го публикува.

Блестящ, много изчерпателен, твърде консервативен и извънредно критичен Паули заедно с това неведнъж е разубеждавал хора от техни значителни открития. Първият физик, който открива спина на електрона като естествено обяснение на някои експериментални резултати в атомната физика, е двадесет и една годишният немец Ралф Кроних, но Паули му заявява, че това е пълна безсмислица, и го убеждава да не публикува. По-късно двамата холандски физици Сам Голдсмит и Джордж Уленбек преоткриват спина на електрона. Те също се колебаели, но техният велик учител Пол Еренфест изпраща статията им за публикуване, когато те не са били в града. Те не получават Нобеловата награда за своето откритие отчасти защото Нобеловият комитет изпитва угризения до колко това би било честно спрямо Кроних. В зависимост от това как ги броим, двама или трима други са се лишили от Нобеловата награда също заради Паули. През 1956, когато китайско-американският физик Ц. Д. Ли заедно с Ч.Н. (Франк) Янг издига идеята, че природните закони различават ляво и дясно, т.е. че не би било едно и също да разменим ляво и дясно, Паули отново е на линия. Според него, ако Бог не може да различи ляво от дясно с помощта на силното, електромагнитното и гравитационното взаимодействие, защо да трябва да ги различава с помощта на единственото оставащо взаимодействие – слабото? Този път обаче Паули има насреща си равностоен партньор. Ли и Янг дотолкова са убедени, че природните закони различават ляво от дясно, че даже не трепват, а му предлагат да се обзаложат. Паули не се съгласява на облог. Когато научава за експерименталното потвърждение на идеята на Ли и Янг, Паули пише на своя бивш асистент Вики Вайскопф: “Добре е, че не се обзаложих. Това би ме довело до тежка парична загуба (която не бих могъл да си позволя); все пак аз наистина се показвах като глупак (което мога да си позволя) – за щастие само в писма и устно, а не в нещо отпечатано. Но сега другите имат право да ми се присмиват.”

Освен мезона Щюкелберг прави също някои други ключови открития. Законът за запазването на барионното число, който лежи в основата на нашето стабилно съществуване, като противопоставен на нашето бързо разпадане в незнайно какво, също е открит от Щюкелберг. По време на войната той постига значителен напредък в построяването на съгласувана квантова електродинамика и в частност предлага графичното представяне, което днес наричаме Файнманови диаграми. Теорията на Щюкелберг за векторните мезони все още се изследва, седемдесет години след като той я предложи. Тя представлява първия и най-прост случай на явлението, което в най-общ вид е изучено през шейсетте години от Франсоа Енглерт, Боб Браут, Питър Хигс и Фил Андерсън. Щюкелберг и неговият ученик Андре Петерман първи въвеждат понятието ренормализационна група, което играе централна роля в съвременната квантова теория на полето. Тук пея хвалебствия за Е. Щюкелберг дьо Брайденбах, защото мисля за него като за истински, макар и твърде недооценен гений.

Обичах да разговарям с него за физика. Той имаше особената дарба да задава правилните въпроси. След разговор с него аз почвах да гледам на своята работа под нов ъгъл. Но изобщо не може да се каже, че беше леко да се разговаря с него. Той изискваше буквално всеки символ, написан на черната дъска, да бъде обкичен с шапки, тилди, тирета и т.н. в зависимост от това дали представяната от него физическа величина е четна или нечетна спрямо пространствено отражение или спрямо инверсия на времето, при все че за обсъжданите въпроси това нямаше абсолютно никакво значение. Нуждата да се изясняват тези подробности отнемаше страшно много време и концентрация. Един път разбрах, че съм допуснал грешка – бях поставил шапка вместо обърната шапка, – но Щюкелберг не забеляза това. Тогава започнах съзнателно да обърквам тези ненужни орнаменти, а той не ме поправяше. Така разбрах, че на него не му е нужно да проследява целия този ненужен арсенал. Той просто не можеше да осмисли “голи” символи, били те от латинската или от гръцката азбука – обичахше буквите да са спретнато облечени. От този момент нататък започнах да окачвам най-различни завърънкулки на символите, което ни позволяваше да се концентрираме върху конкретния въпрос, а не върху тези глупави орнаменти. За съжаление, статиите на Щюкелберг също са така обкичени и за непосветения читател изглеждат доста страшно. Нещо повече, много от тях са написани на френски, който едва ли е онзи *lingua franca*, който е бил едно време и публикуваше в едно прекрасно и престижно швейцарско списание, което обаче не се радва на голяма популярност. При все това ние говорим за един велик физик, един своеобразен гений.

Защо Щюкелберг никога не получава Нобеловата награда? Бил е номиниран, но според Нобеловите правила една награда не може да се присъди на повече от трима души. Файнман, Шуингър и Томонага, които споделиха наградата за приноси в квантовата електродинамика, развиха теорията по-пълно от Щюкелберг и макар да е бил първи, той не е сред наградените.

В известен смисъл откритията на Щюкелберг дават блестяща илюстрация на принципите на В. И. Арнолд и на Майкъл Бери:

Принцип на Арнолд: Ако някое понятие, някоя идея или някой резултат носи нечие име, то това не е името на неговия откривател.

Принцип на Бери: Принципът на Арнолд се отнася и за самия себе си.

Глава 13. Сталин и квантът

Фашизмът и комунизмът, тези близначки злини на двадесети век, не само бяха до голяма степен на едно мнение относно начина, по който трябва да се третират евреите, но двете идеологии имаха сходни отношения и спрямо квантовата теория. Нацистите я мразеха, защото виждаха в нея еврейска физика, а Съветите я мразеха, защото смятаха, че тя противоречи на диалектическия материализъм – идеологическата основа на пролетарската диктатура.

Сталин и неговите комисари възразяваха конкретно на вероятностната интерпретация на квантовата механика, разработена от Хайзенберг и Бор в Копенхаген през 1920-те години. Според Копенхагенската интерпретация при поредица от еднакви експерименти може да бъде предсказана вероятността за всеки един конкретен резултат, но не може да се каже точно кой резултат ще се получи във всеки отделен експеримент. Например, ако сноп електрони се насочи към мишена от протони, тогава ще е възможно да се предскаже вероятността падащите електрони да бъдат отклонени на всеки един зададен ъгъл, (по-точно казано, в даден ъглов интервал), но не може да се каже дали даден електрон, който е уцелил мишената, ще бъде отклонен на този ъгъл. Също както при хвърлянето на неподправена монета: можем да предскажем с вероятност 50%, че резултатът ще бъде ези, но не можем да знаем дали при едно определено хвърляне – да речем, двадесет и седмото поред – резултатът ще бъде ези.

И самият Айнщайн е възразявал срещу тази особеност на Копенхагенската интерпретация: “Господ не играе на зарове” е прочутата му фраза. Сталин изобщо не го е било грижа дали Господ играе на зарове или не – онова, което не можел да понесе, било допускането, че електроните могат да имат “свобода на волята”. Предпочитал те да му се подчиняват. Нещо повече, дори комунизмът, който по Сталиновото верую е сто процента сигурен резултат от социалната еволюция, би могъл да се провали, ако електроните, протоните, атомите и системите от атоми, каквито са съветските граждани, запазят даже най-малка следа от свободна воля. По тази причина е прокламирано, че Копенхагенската интерпретация противоречи на “научния материализъм” и следователно е идеалистическа, което на сталинистката език означава забранен (*verboden*; б.пр.). Проблемът обаче е в това, че в такъв случай забранени стават също така и атомните бомби, чието действие може да бъде разбрано само по този “идеалистичен” начин. Това би означавало непреднамерено задействана забрана на атомното въоръжаване, основана върху идеологически съображения.

За съветските философи това е зов за тревога. Те съзират опасна ерес в ненадминатия курс по квантова механика на Лев Ландау и Е. М. Лифшиц и тези двама физици е трябвало сериозно да обмислят възможността за престой в Сибир.

Трябвало е нещо да се направи. И нещо *действително* е направено, а начинът,

по който Копенхагенската интерпретация е помирена с Маркс, твърде много напомня начина, по който иранските аятоласи примиряват проституцията с Корана. Аятоласите издават заповед, според която Коранът разрешава временните бракове и затова клиентът в “дома на целомъдрието” не е там, за да получи сексуални услуги срещу заплащане. Съвсем не, той е там, за да встъпи във временен брак. Той се жени за непорочна жена за срок от десет минути до един час, в зависимост от финансовите му възможности и желанията му, и когато договореният срок изтече, той излиза като неженен мъж, който при това не е заплатил такса, а е връчил на жената подарък. С десет или повече такива временни съпрузи на ден тази целомъдрена дама може добре да си преживява.

В почти същия дух и Маркс бива заведен пред Копенхагенския олтар. Единствената изненада е, че аятолахът, извършващ богослужението в Марксовия дом на целомъдрието не е никой друг, а самият В. А. Фок – един от най-големите руски теоретични физици на двадесети век.

Към края на петдесетте години Фок написва статия за една съветска книжка, посветена на философските проблеми на съвременната физика, в която съобщава за конференция, по време на която е имал възможност да говори с Хайзенберг и Бор – двамата създатели на Копенхагенската интерпретация. Той им задал в упор въпроса дали тяхната интерпретация противоречи на диалектическия материализъм и те го уверили, че според тях няма никакво противоречие. А щом самите създатели на Копенхагенската интерпретация открито признават, че тя не противоречи на устоите на марксизма–ленинизма, т.е. на официалната съветска идеология, то тогава, продължава Фок, няма никаква нужда да се отрича като идеалистическа една съществена част от съвременната физика. Така с един-единствен лупинг той е убеден, че е реабилитирал квантовата механика за съветска употреба. Хитро!

Спомням си, че прочетох статията на Фок още докато бях студент в Румъния и бях поразен от ловкостта на този човек. Тук трябва да припомня, че на лекциите по квантова механика, които бях посещавал, темата за съотношения на неопределеност (според които колкото по-точно е определено положението на частицата, толкова по-неопределен остава нейният импулс, или ако щете – нейната скорост и обратното) се предхождаше с намигване от страна на лектора и с напътствието, че това са недопустими “идеалистически” интерпретации, създадени от Хайзенберг “по нареждане на неговите американски империалистически господари”. Спомням си, че тогава си помислих колко хубаво би било те на мен да ми бяха наредили да създам нещо подобно. А сега Фок излиза с идеята, че и Сталин би могъл да поръча тези същите съотношения, ако беше така хитър като Хайзенберговите американски империалистически господари; Маркс и Ленин не биха възразявали.

През 1979 г., на конференцията в Йерусалим по случай стогодишнината от рождението на Айнщайн, Лорън Греъм, известният историк на науката от МТИ, изнесе доклад за Фок, който вече беше починал. Докладът беше много интересен, съдържаеше много изследвания, но там не се споменаваха нищо за тази забележителна статия.

По време на приема запитах Греъм дали той знае за статията и ако да, то защо не

я споменава. На свой ред той ме помоли първо да разкажа какво знам за нея. Казах му повече или по-малко това, което пиша тук. Той се засмя, погледна ме и запита: “Прав ли ще съм, ако направя извод, че не си познавал Фок?” Отговорих, че е повече или по-малко прав, доколкото бях срещал Фок само веднъж в Триест през 1968, но обмених с него само няколко думи. Онова, което запомних най-много, беше хитроумната му слушалка руско производство, която той непрестанно настройваше в зависимост от интереса си към околния разговор. Фок е бил специалист по балистика, по време на Първата световна война е служил в артилерийско поделение и беше до голяма степен глух.

Тук Лорън Греъм ми каза, че е чувал много мнения относно тази знаменита статия на Фок, но всички те зависят от това доколко близък до Фок е съответният човек. Хора като мен, които едва познават Фок, действително смятат, че статията му е дръзка. Макар по това време Сталин вече да го няма, неговият наследник Хрущов съвсем не е по-толерантен по идеологически въпроси. Те смятат Фок за герой, който е поел голям риск в полза на науката. Но ако разговарям с близки до Фок хора, като например неговите асистенти, научавах съвършено различна история. Според тях Фок истински е вярвал в марксизма – ленинизма, но заедно с това е бил голям физик. Физиката и марксизмът–ленинизмът са били двете големи любови на неговия живот. Това, че те взаимно си противоречат, непрестанно го е огорчавало. Затова, когато отишъл в Копенхаген, той решил да използва случая и да разреши това зловещо състояние на нещата. Действително той говорил с Бор и Хайзенберг като възнамерявал да ги убеди, че марксизмът–ленинизмът е правилен и в крайна сметка е неизбежен. Накратко казано вършел мисионерска работа в името на своята религия. Бил сигурен, че е успял в това начинание и затова се гордеел повече с това постижение, отколкото с което и да е свое откритие във физиката. По този начин, след като двамата копенхагенски гиганти били покръстени в религията на рунтавия брадатко и на плешивеца с козята брадичка, най-после в живота на Фок настъпил мир между неговите две главни любови и той можел спокойно да продължи работата си върху квантовата механика без да изпитва никакви угризения на съвестта.

В своите спомени Хайзенберг гледа на тази среща с Фок като на своеобразна досада, появила се в момент, когато прави опит да изясни следвоенните си отношения с Бор. Хайзенберг прави опит да се помири с Бор и тук изниква този руснак, който със своя Маркс и със своя Ленин се вмъква в разговора. Но от друга страна имаме Фок, който честно вярва, че е успял да примири Копенхагенската интерпретация с марксизма–ленинизма. Докато всичко, което успява, е да се натъкне на върната формула за превръщане на съветските университети, в които се преподава квантова механика, в домове на целомъдрието в пълно съответствие с ученията на светите червени пророци.

Глава 14. Господин Сахаров отива в Киев

През 1970 г. провежданата през две години голяма конференция по физика на високите енергии – т.н. Рочестърска конференция – се състоя в Киев. Аз бях член на

американската делегация. Малко след като се регистрирах в хотел “Украйна” академик Яков Борисович Зелдович ме покани в своя апартамент в същия хотел. Искаше да обсъдим една моя работа. Седнахме в хола на неговия апартамент и аз започнах да му разказвам своите резултати и да пиша формули върху лист хартия с неговата руска химикалка. После той взема писалката от ръката ми, задаваше въпроси, като пишеше свои собствени формули. Не след дълго ние сменихме темата и той започна да ми разказва една своя работа, свързана с нещо, което той наричаше “индуцирана електродинамика” – неговият вариант на проблем, разработван от приятеля му Андрей Сахаров.

Исках да задавам свои въпроси, но този темпераментен и поривист човек така се увличаше в своята собствена тема, че не допускаше никакво прекъсване и не ми даваше думата, като просто ми отказваше достъп до единствената писалка, която двамата използвахме. В този момент аз извадих своята перодръжка – Sheaffer Lifetime, която бях купил в книжарницата на Чикагския университет за тридесет долара. Изведнъж Зелдович спря по средата на изречението, много внимателно взе перодръжката от ръката ми и възкликна със страхопочитание:

“Пар – кер!”

“Не, Шефер”, казах аз.

“Ше-фер” повтори той с още по-голямо страхопочитание.

С дълбоко уважение към перодръжката на своя събеседник той ме попита дали може да я изпробва. Там, откъдето идвам аз, можеш по-скоро да отстъпиш жена си на друг мъж, отколкото да му позволиш да използва твоята перодръжка. Но възбудата му беше така голяма, че никак не можех да му откажа. Така завършихме своята дискусия върху неговата версия на темата на Сахаров и съпътстващите я трудности, като той използваше моя “Ше-фер”, а аз пишех с неговата руска химикалка. След като моята перодръжка беше по такъв начин загубила своето целомъдрие, аз помислих, че вероятно бих могъл да му я оставя като подарък. Затова му казах: “Виж, Зелдович, струва ми се, че тази перодръжка много ти харесва. Разреш ми да ти я предложа като подарък от човек, който също обича перодръжките. Между впрочем, в моята стая аз имам резервни пълнители за нея и бих могъл по-късно да ти ги дам.”

Тук Зелдович видимо се смути, скочи и отиде към стената. С лице към стената и с гръб към мен, той започна да говори на английски – много бавно, на висок глас, официално и със силен акцент: “Много Ви благодаря, професор Фройнд, задето ми предлагате този красив подарък, който обаче аз не мога да приема. Връщам Ви обратно Вашата перодръжка *She-fer*”. След което се обърна и ми връчи перодръжката. Беше ми ясно, че му е ясно, че ми е ясно, че той току-що се е обърнал към подслушвателно устройство в стената и предварително се е осигурил срещу възможно обвинение, че е приел подарък от американец. После ме покани на малкия балкон и там с лице към улицата тихо ми каза, че в Киев очакват Сахаров да изнесе доклад за индуцирана гравитация извън програмата. По-късно щеше да ми съобщи точно кога и къде.

Ако всичко това звучи сюрреалистично нека да не забравяме, че ние се намирахме

в Брежневия СССР. За мен по онова време не беше известен факта, че Зелдович и Сахаров са създатели на съветската водородна бомба. От друга страна Зелдович беше физик с извънредно широк обхват на интереси. Той беше направил важен принос, по-късно открит отново от Файнман и Гел-Ман, към теорията на слабите взаимодействия. Зелдович също така беше един от най-плодотворните мислители в съвременната космология, където идеите му и до днес заемат централно място.

Тази широта не би могла да ни изненада силно, тъй като той беше ученик на Лев Давидович Ландау – най-великият руски физик и учен с твърде широки интереси. В действителност школата на Ландау е едно от най-големите чудеса на съветската наука.

Ландау беше добре известен със своята остра ирония. Малко след автомобилно произшествие през 1962 г., което тежко увреди неговата памет и постави край на блестящата му научна кариера, един от сътрудниците му го посетил и задал учтивия въпрос:

“Как се чувствате днес?”

“Не така както по-рано, но все пак по-добре от Зелдович”, бил отговорът на Ландау. Бях чувал за тази хаплива шега, преди да срещна Зелдович в Киев, но все едно за мен той беше една извънредно впечатляваща личност.

Дойде моментът Сахаров да говори. Лекцията му не беше включена в официалната програма. Макар че все още не беше във вътрешно заточение, Сахаров вече беше *persona non grata* заради статията му за конвергенцията на комунистическата и капиталистическата системи, която доби голяма популярност на Запад. Той твърдеше, че поради културния и икономически натиск комунистическата и капиталистическата системи ще стават все по-сходни в борбата си за оцеляване, докато най-после станат практически тъждествени и следователно ще бъдат в мирно съжителство. Това донякъде напомняше Сталиновата неизбежност на комунизма и Хрущовата фраза “Ние ще ви погребем!”, като и двете все още съставяха част от съветската догма.

В Киев Сахаров дойде като учен и неговата лекция беше чисто научна – никаква конвергенция. Когато влязох в залата, където щеше да се състои лекцията, повечето места бяха заети от хора без значки за участници в конференцията, облечени почти еднакво и с почти еднакъв външен вид и с един и същ вид прическа. Човек не можеше даже да влезе в сградата без значка, така че тези хора очевидно не бяха физици. Нямаше нужда да си физик теоретик – даже ракетен инженер би направил извода, че тези хора са от КГБ. Имаше много малко хора от чужбина – вероятно поканени от Зелдович. Абдус Салам беше там, също Валентин Телегди, Морис Голдхабер и още неколцина.

Сахаров искаше да представи своите идеи пред чужденците, в това никой не се съмняваше. Поради това щеше да бъде най-добре той да говори на английски. Не знам доколко е владееел английски, но той реши да говори на руски, а Зелдович да превежда на английски. Струва ми се, че това се правеше заради контингента от КГБ, така че те да могат точно да си записват неговите думи, без да си фантазират разни сортове предателски намерения. Проблемът обаче беше в това, че темпераментен и лесно възбудим човек като Зелдович никак не подхождаше за работата на преводач. Първите две изречения на Сахаров бяха внимателно преведени на английски. После

Сахаров говори две минути, а на Зелдович му потрябваха четири минути, за да преведе. Нататък различието между двете лекции – оригиналната на Сахаров и превода на Зелдович – непрестанно растеше.

Сахаров говореше за гравитация (аз разбирам руски език), а неговият преводач, “за повече простота”, говореше за електромагнетизъм. Фактически Зелдович изнасяше своя собствена лекция за своята работа, която ми беше разказал в своя апартамент. Изведнъж Зелдович започна да пише формули на черната дъска, макар че Сахаров не пишеше нищо. Усмивката на лицето на Сахаров ставаше все по-широка и в един момент той прекъсна превода със забележка, произнесена на граматично правилен, но със силен акцент английски, че красивият превод на неговия приятел силно се отклонява от онова, което той е искал да каже. Зелдович обаче беше така погълнат в своята собствена лекция, че не обърна никакво внимание на това прекъсване и просто продължи да говори. Това беше великолепен спектакъл, макар че излаганите увлекателни идеи бяха доста изопачени, а един важен знак се оказа грешен и това не беше поради превода.

След лекцията ние всички станахме, за да се приближим до Сахаров. Той беше аристократична личност – сякаш излязъл от роман на Толстой офицер от императорската армия, но облечен в омачкани дрехи. Обменяхме си многозначителни погледи, но нищо политически некоректно не беше произнесено. Мъжете сред публиката бяха там, за да се погрижат това да не се случи.

Глава 16. Каменната ера и ерата Ферми

Андре Вайл е бил професор в Чикагския университет, когато Ли и Янг са били студенти там. За разлика от своите колеги, които именуваха курсовете си според темите, които обсъждат – теория на числата, диференциална геометрия, топология ..., – Вайл преподавал нещата, които го интересували в момента, но винаги наричал курса си просто “математика”. Макар че прекарал в Чикаго само единайсет години той направил там най-значителните си работи (блестящите и далеч стигащи предположения на Вайл, залегнали в основите на теорията на числата). Вайл е един от гигантите в математиката на двайсети век. Той направи революция в алгебричната теория и в теорията на числата, а също даде забележителни приноси в геометрията. Заедно с големия геометър С. Черн той разработва проблеми, които имат важни следствия за калибровъчната теория на физиката. Той осъзнава значението на тези резултати за физиката в един много ранен етап. Франк (поамериканченото име на Чъннин; *б.пр.*) Янг ми разказа, че по време на студентството си, когато обядвал заедно с Ферми и неговата група в столовата Хътчисън, Вайл се отбил при тях и споделил с Ферми убеждението си, че тези резултати трябва да имат значение за физиката. Ферми го изслушал учтиво, а когато Вайл си тръгнал, вдигнал рамене, сякаш за да каже, че този човек трябва да е откачен. Очевидно Вайл твърде много е изпреварил времето си.

Това е забележителна епоха в Чикагския университет. Енрико Ферми, Робърт Милан – създателят на квантовата химия, Едуард Телър, Грегър Венцел, Субраманиан

Чандрасекар са във Физическия факултет, а физикът статистик Джо Майер – създателят на метода за въглеродно датиране, Уилард Либи и Харолд Юри – откривателят на деутерия – са в химията. Съпругата на Джо, Мария Гьоперт-Майер е в Изследователския институт, а не във Факултета, поради строгите правила срещу непотизма, макар че по-късно получава Нобеловата награда за слоестия модел на атомните ядра, който е развила в Чикаго; отношението към нея често и с право се обсъжда като проява на феминизъм. Младежката част на Физическия факултет включвала “младотурците” като Мъри Гел-Ман и Валентин Телегди. Математическият факултет се намирал в своята легендарна каменна (Стоун; *б.пр.*) ера, наречена така по името на неговия председател Маршъл Стоун, който събрал в Чикаго такъв великолепен отбор. Именно той поканил Андре Вайл и С. Черн, Сондърс Маклейн, -бащата на теорията на категориите, и Антъни Зигмънд – майстора на Фурие анализа.

Малко след пристигането си в Чикаго Вайл бил поканен да изнесе беседа на колоквиум. Пред седящия на първия ред Стоун Вайл започнал така:

“Съществуват три типа председатели на факултети. Лошият председател набира факултетски състав, който да е по-слаб от него, като по този начин факултетът му постепенно деградира. Един по-добър председател ще заложи на факултетски състав, който приблизително да е от неговия собствен калибър, благодарение на което качеството на факултета се запазва. Накрая добрият председател набира само хора, които са по-добри от него, което води до непрестанно подобрение на неговия факултет. Аз съм извънредно доволен, че съм в Чикаго, където имаме много добър председател.”

Стоун посрещнал това със смях и не се почувствал обиден.

Докато пребивавал в Чикаго, Андре Вайл силно се ангажирал с влиятелната група Бурбаки, която той основал заедно с някои от своите френски колеги. Тази група си поставя монументалната задача да създаде пълен съвременен курс, обхващащ цялата математика. В стремежа си да поддържат единство на изложението, вместо да посочват автора на всеки един от томове, членовете на групата решават да публикуват многотомника под авторството на фиктивна личност. Спират се на Никола Бурбаки – по името на малко известния френски генерал Шарл Дени Соте Бурбаки, който, след като се отличава в битки в Африка и в Кримската война, бива изпратен да разбие обсадата на Белфор по време на френско-пруската война. Макар да разполагал с достатъчно многочислен военен състав и екипировка, Бурбаки загубил битката. Чувствайки се унижен, той извадил пистолета си и го насочил към главата си, но не уцелил. За зло или за добро, серията Бурбаки наложи своя стил в следвоенната математика. До ден днешен някои от томове много се използват, макар че истинските им автори никога не са били официално назовани.

Тъй като повечето от основателите на групата Бурбаки се намирали в Чикаго или в Нанси, Франция, те предложили този фиктивен математик за шеф на катедра към фиктивен университет на Нанкаго и го избрали за член на също така фиктивна Полтавска академия.

Докато Бурбаки намерил добър подслон в Чикагския математически факултет, Физическият му факултет се доминирал от Енрико Ферми – бележитият физик на двайсети век със забележителни приноси във всичките три области на теоретичната, експерименталната и приложната физика. Той е легендарен учител. Записките на неговите курсове и до днес са полезно четиво. С присъствието си Ферми привлякъл във Факултета не само други първокласни физици, но и цяла поредица от докторанти, каквато не била виждана от времето, когато Хайзенберг, Паули, Бете, Венцел и други учат в Мюнхен под ръководството на Арнолд Зомерфелд. Това са теоретичните: Ли и Янг, Джеф Чу, Мърф Голдбергер, Линкълн Волфенщайн, Сем Трайман и Чарли Гьобел и експериментаторите: Дик Гаруин, Джек Стейнбергер, Джим Кронин, Джери Фридман и Оуен Чамбърлейн. Всичките дванайсет току-що изброени студенти имат по-късно забележителни кариери, а шест от тях получават Нобелова награда. Чикаго несъмнено става център за физиците.

Субраманиан Чандрасекар, който живеел в Уисконсин, близо до Йеркската обсерватория, веднъж бил включен в учебната програма с лекционен курс, за който се били записали много малко хора. След няколко лекции останали само двама слушатели. Пътуването до факултета в онези дни преди развитието на автомагистралите никак не било лесно, поради което факултетският председател споменал пред Чандрасекар, че би могъл да не са притеснява заради двама студенти и ако желае факултетът може да отмени курса. Чандра обаче решил да продължи курса, защото смятал че двамата студенти истински се интересуват и за него е удоволствие да им преподава. Двамата студенти били Ли и Янг, а това е единственият курс, четен в Чикаго или в коя да е друга част на света, при който *цялата слушателска група* заедно с нейния лектор след време получават Нобелови награди.

Това е ера на велики открития. За краткия си престой в Чикаго Мъри Гел-Ман въвежда понятието “странност”. Това е първата стъпка по пътя, който в крайна сметка го довежда до идеята за кварките като градивни елементи на веществото. Ферми, с проекта Манхатън зад гърба си, с лекота получава финансовите средства за построяването на чикагския циклотрон, на който той прави експериментите по разсейване, бележещи златната ера във физиката на високите енергии.

Тази ера има и своите забавни страни. Файнман пристигнал за да говори на семинар и същата вечер се състояло увеселение в негова чест в дома на Грегър Венцел. Освен всичките си други таланти Файнман имал репутацията на касоразбивач. По време на войната той неведнъж си правел лоша шега, оставяйки подписа си в сейфа на Лос Аламос, където се съхранявали най-секретните документи. Венцел попитал Файнман дали иска да направи демонстрация. Дал му малко кожено куфарче с шифровано заключване и му предложил да го отключи. На Файнман му потрябвали няколко минути и куфарчето било отворено. Тогава Ферми накарал Венцел да заключи куфарчето, така че и той да опита да го отвори. “Останалата част от вечерта той се опитваше да го отвори, но без успех”, спомня си Венцел. “Но ако Енрико беше запомнил моята рождена дата ...”

Ферми заболял от рак и починал много бързо. Той знаел, че умира, но бил забележително ведър до самия си край, с удовлетворението на човек, който е успял да свърши онова, което е желал. Чандра отишъл да го посети за последен път и бил много подтиснат. Какво да кажеш на човек, който скоро ще умре и знае това? Но Ферми разсеял мрачното настроение със шега: “Чандра, смяташ ли че следващия път ще се завърна като слон?”

Хайзенберг също отишъл да го види. Те били на една възраст и ги свързвало чувство на взаимно възхищение, което даже войната не могла да разруши. Гел-Ман и Янг също отишли при смъртното легло на Ферми и когато те си тръгвали, той им напомнил: “Сега е ваш ред”. Щафетата била предадена.

(Peter Freund. *A PASSION FOR DISCOVERY*. World Scientific Co., 2007)

Превод: **М. Бушев**

XXXIX НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВЪПРОСИ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА «АТОМНАТА И ЯДРЕНАТА ФИЗИКА В ОБРАЗОВАНИЕТО»

Ана Георгиева и Евгения Вълчева

ПРЕДСЕДАТЕЛИ НА НАЦИОНАЛНИЯ ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ

От 7 до 10 април тази година, непосредствено след VII конгрес на Съюза на физиците в България /СФБ/, в София беше проведена XXXIX Национална конференция по въпроси на обучението по физика.

Тематиката на конференцията **“АТОМНАТА И ЯДРЕНАТА ФИЗИКА В ОБРАЗОВАНИЕТО”** беше определена поради отбелязването от световната физическа колегия на 100 годишнината от създаването на модела на Ръдърфорд, който поставя началото на развитието на ядрената физика, като обособен дял на атомната физика. Трагичната загуба на председателя на СФБ също предопредели посвещаването и на неговата памет и по специално на образователната и преподавателската му дейност. Тематика се оказва особено актуална, както в световен, така и в национален мащаб, като акцентът в нея беше поставен върху необходимостта от осъвременяване на разбирането за строежа на заобикалящия ни свят, разкриване на връзките на този дял от физиката с останалите естествени науки, както и върху перспективите за кариерно развитие на младото поколение, основаващо се на множеството приложения на атомната и ядрената физика в индустрията, медицината, фармакологията и др.

Предложение за съвместно организиране на конференцията бе изпратено до Министерство на образованието, младежта и науката (МОМН) и Столична Община. От МОМН през целия организационен период, както и по-време на дискусиите на конференцията имаме съдействието и препоръките на г-жа Валентина Иванова, главен експерт по физика. Представеният на Постоянната комисията /ПК/ за децата, младежта, спорта и туризма /ДМСТ/ на Софийски общински съвет, проект на тема: **“МЛАДЕЖИ ЗАЕДНО КЪМ НАУЧНОТО ПОЗНАНИЕ”** за организиране и провеждане на младежката сесия, беше одобрен и финансиран. Като съорганизатор на младежката сесия беше включена и фондация „Еврика“, на която представихме проект с темата на ученическа научна сесия: **“Атомната и ядрена физика – основа за познанието на строежа на материята”**. Със съдействието на доц. д-р Павлин Грудев от ИИЯЕ, БАН и член на Националния оргкомитет получихме финансова помощ от редица национални институции свързани с ядрената енергетика, като: „АЕЦ Козлодуй”

ЕАД, БУЛАТОМ, Агенция за ядрено регулиране, Българско ядрено дружество. Съдействаха ни и фирми като „Тита-Консулт” ООД и „Гама-Консулт” ЕООД. Организацията на конференцията бе подпомогната и от редица други научни и образователни институции, като: национална фондация „Св.Св. Кирил и Методий”, СУ „Св. Климент Охридски”, Института за Ядрени изследвания и ядрена енергетика при БАН, Физическият факултет на СУ, Съюза на учените в България, Българска академия на науките, Археологическия институт с музей при БАН и др.

На 6 април 2011 г. от 11 ч. в Заседателна зала на Централно управление на БАН се проведе пресконференция по повод XXXIX конференция по въпросите на обучението по физика. Бяха изпратени покани по електронната поща до над 80 масмедии, от които на пресконференцията присъстваха представители на 6 медии, като отделно от тях по БНР – програма „Хоризонт” и програма „Христо Ботев”, впоследствие беше анонсирана конференцията.

Откриването на конференцията и първото ѝ пленарно заседание се проведе в Аулата на СУ. Конференцията бе открита от новоизбрания председател на СФБ акад. А. Петров и бяха прочетени приветствия от Министера на МОМН, от Кмета на Столична Община, лично ни поздравиха зам. Председателя на АЯР – доц. д-р Л. Костов, проф. Борислав Тошев, председателя на Българското дружество за хумическо образование, история и философия на химията, изп. директор на фондация „Еврика” – г-жа Б. Кадмонова и ученика от Пловдив – Андрей Абрамов. На учителките: Виолета Тачева от СОУ „П. Р. Славейков” гр. Трявна и Костадина Кацарова от ЕГ гр. Пловдив, бяха връчени официално от проф. Димо Платиканов наградите на фондация “Св. Св. Кирил и Методий”.

XXXIX Национална конференция бе проведена по програмата, изработена от Националния организационен комитет /с някои неголеми промени/. В нея бяха включени 40 устни доклада, от които 18 поканени и 15 постера. В сборника с материалите на конференцията са публикувани 32 предварително представени материали по докладите, които бяха прегледани от доц. Вера Хаджимитова, д-р Нели Димитрова и проф. Христо Попов. Общият брой на участниците в конференцията е 140-150 души, като се забелязва известно увеличаване броя на учителите.

Успешно решение на организационния комитет се оказа изборът на „Центъра за подготовка на ученици за олимпиади” към МОМН като място за настаняване на участниците от провинцията в конференцията и едновременно с това – като място за провеждане на заседанията на конференцията през втория и третия ден. Възможността да се покрият разходите по настаняването там на част от участниците в младежката сесия също изигра важна роля за по-масовото и по-активно присъствие на участниците на заседанията и дискусиите на конференцията.

В работата на конференцията взеха участие и някои чуждестранни гости: проф. Дж. Вейсанд от Франция, който отбеляза 100-годишнината от създаването на теорията на свръхпроводимостта, проф. В. Д. Русов от катедра „Теоретична и експериментална ядрена физика” на Одеския национален политехнически университет, д-р Роберт

Фишер от Департамента по приложна физика на Брюкселския университет и акад. В. Г. Кадишевски от ОИЯИ, Дубна, Русия. От проф. дфн Валентин Попов бе изнесена традиционната публична лекция за Нобеловите награди по физика през 2010 г.

В програмата на тази конференцията нямаше рязко разделение на пленарни (30 мин.) и секционни (20 мин.) доклади, както и паралелни заседания, което провокира интереса на участниците към представените научни и образователни проблеми и имаше сериозно присъствие на всички заседания, включително и от страна на участниците в Младежката сесия. Макар че докладите по проблемите на средното образование по физика не бяха много, те предизвикаха оживени коментари и в резултат се състоя непланирана дискусия по въпросите на структурата на учебното съдържание в курса на обучение в средното училище. Тази дискусия е основа за предложената от В. Иванова „кръгла маса“ с участието на специалисти от МОМН и членове на СФБ, подготвяна за 14 юни от 10 часа в ФФ на СУ.

За участие в младежката сесия бяха подадени заявки за участие с 43 научни разработки от 68 ученика от 23 средни училища (вкл. 2 обсерватории : НАО «Галилео Галилей» – Силистра и „Джордано Бруно” – Димитровград) в 10 града: ГПЧЕ «Йоан Екзарх» – Варна; ОУ „Елин Пелин”, ПГЕЕ и СОУ „Патриарх Евтимий” – Пловдив; СОУ „Иван Вазов” – Вършец; НПМГ, I АЕГ, Частно професионална бизнес училище „Евростандарт”, 74 СОУ „Гоце Делчев” и Спортно училище „Ген. Владимир Стойчев” – София; СОУ „В. Левски” – Севлиево; Професионална гимназия по механотехника „Вл. Комаров”, ПГ по СУАУ „Атанас Буров”, ОУ „Иван Вазов” – Силистра, ПМГ „Св. Кл. Охридски”, ПГС „П. Пенев”, СОУ „Вапцаров” – Силистра; ПГАП „Райна Княгиня” – Хасково; Професионална гимназия по компютърни технологии и системи – Правец; ПГАТ „Цанко Церковски” – Павликени; III ОУ «П. Р. Славейков» – Търговище». До защита на заявените научни разработки по преценка на Оргкомитета бяха допуснати всички участници, тъй като младежката сесия няма състезателен характер.

От направилите заявка в София пристигнаха 61 ученици, които представиха 39 разработки пред жури в състав: Пенка Лазарова, Милка Джиджова, Роберт Попиц, Никола Каравасилев – от СФБ; г-жа Боряна Кадмонова – от фондация „Еврика” и Татяна Балабанова – представител на БУЛАТОМ. На всички участници в научната сесия и техните научни ръководители бяха връчени сертификати за участие, а на всяко училище – плакет за участие на негови възпитаници в сесията. Журито трябваше да определи две от тях за представяне пред всички участници в конференцията, но поради многото качествени разработки взе решение да се представят повече участници, но с части от проектите.

Заклучителното заседание на конференцията на 10 април сутринта бе посветено на светлата памет на акад. Матеев, който на този ден щеше да навърши 71 години. Докладите на проф. Хр. Попов и на акад. Кадишевски не само ни припомниха неопценимите качества и приноси на **човека, учения, преподавателя, и общественика** – *Маг*, но и ни накараха отново да почувстваме огромната загуба за нашата общност и необходимостта да запазим светлия спомен и пример за всеотдайност оставена

ни от него. Останалите доклади и изказвания на тази сесия също отбелязаха неговите конкретни приноси и в чисто научен аспект към поощряването и подпомагането на развитието на нови научни направления и перспективни млади учени.

Организираното на 9 април посещение на Националния археологичен музей, като част от културната програма, предизвика интереса на много участници в конференцията и в Младежката сесия. Официалната вечеря бе организирана от председателя на Софийския клон проф. Мишонов, в „култовия” ресторант „Яйцето” в ректората на СУ и бе съчетана с традиционния бал на физиците и честването на 40 години от завършването на випуск 71.

Трябва да отбележим и съдействието, което УС на СФБ оказа при организацията и провеждането на Международната научна конференция по физика посветена на акад. Матеев, която се състоя непосредствено след 39 – тата национална конференция на 11 и 12 април в София.

Конференцията показва актуалността на темата “Атомната и ядрената физика в образованието”, насочена към популяризиране на съвременните знания в тази област на физиката и приложението им във всички области на съвременната цивилизация. Специално внимание бе отделено на перспективите за кариерно развитие на специалистите в тази област. Нивото на докладите и сравнително големият им брой показват, че сред колегията от учители, експерти, преподаватели и учени, съществуват интереси и възможности за повишаване на качеството на образованието по физика.

В същото време за пореден път конференцията показва в много остра форма тревожните проблеми в средното и висшето образование по физика – намаляващи хорариуми, намаляващ брой на младите учители по физика, критично малък брой на зрелостниците по физика и на участниците в олимпиадите, непълноценно използване на новозакупени кабинетни комплекти по физика и др. Част от проблемите произтичат от общото състояние на средното и висше образование, друга част се корени в колегията от учители и преподаватели. Участниците в дискусиите на конференцията демонстрираха ясно виждане на проблемите, но трябва да се търсят от СФБ и цялата колегия пътища за промяна в краткосрочен и дългосрочен план.

Националният организационен комитет изказва благодарност на всички, допринесли за успешното и, надяваме се, ползотворно провеждане на XXXIX Национална конференция.

Председателите на Националния организационен комитет проф. А. Георгиева и доц. Евгения Вълчева благодарят на членовете на националния и местния организационни комитети за техните усилия и безвъзмездна дейност в полза на подобряването на българското образование и на цялата физическа колегия.

ЗА АКАДЕМИК МАТЕЙ МАТЕЕВ ЧОВЕКА, УЧЕНИЯ, ПРЕПОДАВАТЕЛЯ, ОБЩЕСТВЕНИКА

Тези, които миналата година на днешната дата участваха в ловешката конференция, помнят честването на 70 годишния юбилей на председателя на Съюза на физиците в България, акад. Матей Матеев. Кой можеше да предположи, че днес, точно година след това, ще посвещаваме работата си на неговата памет...! Справедливостта изисква дейността му: неговите резултати като учен, ръководител и организатор на научните изследвания, като преподавател и просветен деятел, общественик и държавник, да бъдат коментирани и оценявани от хора с поне сходна на неговата позиция в обществото и приноси с мащаби като неговите, които в много отношения съществено надхвърлят рамките на страната. Същевременно е ясно, че може би е рано за подобни оценки – твърде скорошна е загубата, твърде силна – болката от нея.

Знам как следва да се говори в подобни случаи, но няма да следвам канона. Няма да говоря за Матей Матеев като бивш ръководител на катедра Теоретична физика, декан на Физическия факултет, заместник председател на ДКНТП, министър на просветата, главен редактор на Bulgarian Journal of Physics, нито като председател на Съюза на физиците в България или активен член на ръководствата на Балканския и на Европейския физически съюз. Заради споменатите две причини единственото, което ще се помъча да направя в негова памет, е да разкажа за някои от неговите човешки качества, за да разберат и тези, които не го познаваха, защо му посвещаваме конференцията. Ще споделя просто *с какво ме удивляваше човекът Матей Матеев*.

Смятам, че право за това ми дава онзи почти половин век, през който работихме в една катедра и станавме приятели. Именно това обаче сега ми създава определен дискомфорт – не мога да говоря за него като за академик Матеев, като за професор Матеев, или като за академик професор доктор на физическите науки Матей Матеев. За мене той беше и си остава Матей, непрежалимия Маг. Затова, когато по-долу го наричам с тези имена, не приемайте това като неуважение към паметта му.

Качествата, с които Маг беше у мен удивление, не са подредено множество, така че, когато изреждам първо, второ и т.н., това не е степенуване по важност или по някакъв друг признак.

На първо място ще спомена някои качества на Матей, които се проявяваха най-ярко в отношенията му с хората. Тези отношения се характеризираха преди всичко с една абсолютна **добронамереност**, **доброжелателност** и **отзивчивост**. Маг притежаваше удивителната способност да вниква в хорските проблеми и огромното желание да помогне за решаването им. Не съм сигурен дали оценката *стотици* за броя на хората, на които той е оказал помощ от най-различен характер, не е ниска – най-вероятно техният брой е наистина по-голям. Свидетел съм как той, в качеството си на ръководител на

българското землячество в Дубна, съдействаше за решаване проблемите на нашите сътрудници в ОИЯИ – като се започне от най-дребни битови проблеми за получаване по-подходяща квартира, за продължаване срока за работа и се стигне до въпроси за кариерното израстване на хората. Неговата добронамереност се проявяваше и в това, че въпреки огромната си заетост, намираще възможност да отдели време за изслушване на всеки, обърнал се към него. **Вниманието**, което Маг обръщаше на хората, потърсили при него съвет или помощ, е пословично. Заварвал съм го да изслушва в кабинета си както хора, които го убеждават, че могат от закона на Нютон за гравитацията да изведат законите на електродинамиката, така и хора, които “доказват” обратното – че от уравненията на Максвел следва законът на Нютон. И въпреки че тези обсебени от идеите си хора явно му губеха времето, той смяташе за нормално и необходимо да им отдели време и внимание, да ги изслуша. Това би могъл да направи само много широко скроен човек, човек, притежаващ изключителни добронамереност и отзивчивост.

Подобно внимание той отделяше и на нас – неговите колеги. Не помня случай, когато влизайки в кабинета му ей така, просто за едно “Здравей!”, да не ме е поканил да седна, интересувайки се как съм, с какво се занимавам и т.н. И това – при положение, че на монитора пред него стои списък от десетки имейли, които чакат спешен отговор... Той нито веднъж не каза “Извинявай, сега съм претрупан, намини по-късно!”

Широката му кройка като човек се проявяваше и в това, че неговата позиция в обществото не влияеше върху отношенията му с хората. Така, и докато беше заместник председател на Държавния комитет за наука и технически прогрес преди 1989 г., и като министър на образованието след 1989 г., за всички, които преди се обръщаха към него с “Маг”, той си остана предишния, отзивчив за всичко Маг, без с нищо да покаже, че високото му обществено положение и новите и големи ангажменти налагат да отделя по-малко внимание на всекидневното дребнотемие. И обратно, когато по силата на т.нар. “закон Панев” престана да бъде ръководител на катедрата и загуби възможност да се кандидатира за подобни и по-високи университетски постове, той не се озлоби и запази всички приятелства, включително и тези, които имаше измежду политическите си противници.

Второто качество, с което Матей ме удивляваше, бе неговата изключителна **комуникативност** и способност да убеждава. Разбира се, съществена роля за развиване на тези качества е играла неговата семейна среда. Роден, израсъл и възпитан в семейство от софийския интелектуален елит, той има възможност както да придобие една широка култура, така и отрано да изучи езици, които по-нататък ще улеснят неговата разностранна международна дейност. Тези качества му позволяваха еднакво лесно да контактува с хора по цялата йерархична стълбичка на обществото – от най-ниското, до най-високото стъпало. Маг имаше свой подход към всички за всичко!

Благодарение на тези качества, благодарение способността си да защитава тезите си, да бъде настойчиво убедителен в контактите си, той, един изявен деец от лявото политическо пространство, съдейства активно две десни правителства, въпреки финансовите проблеми, въпреки съпротивата на някои среди от БАН, все пак да подкрепят

членството на България в ЦЕРН. Това всъщност бе една от първите реални стъпки по пътя ни към интегриране в европейските структури и заслугата на Матей за осъществяването ѝ е трудно да се надцени. Разбира се, успехът на тази негова мисия се дължи не само на личните му качества и на познанствата, които имаше в международните научни среди – преди всичко той правилно бе преценил посоката на развитие, ролята на различни фактори в България и извън нея и това му позволи да избере точния момент за действие.

На трето място Матей ме удивляваше с огромната си **работоспособност**. Съчетана с неговата организираност, тя му позволяваше едновременно да извършва, да съчетава съвсем различни по характер дейности: научна, преподавателска, обществена, административна, политическа ... сигурно пропускам нещо съществено. За научните му постижения ще чуем на научната конференция, посветена на неговата памет. Тъй като за мен са по-близки проблемите на образованието, а и като имам предвид състава на аудиторията, ще си позволя по-подробно да напомня някои резултати, които Маг постигна в тази сфера, сфера, чието значение той оценяваше високо, разбираше проблемите ѝ и влагаше много усилия за решаването им. Ако трябва да спомена приносите му в реформирането на образователната система като цяло, на първо място, разбира се, трябва да посоча Закона за народната просвета, разработен под негово ръководство и приет през 1991 г., докато той бе министър на просветата. Ще си позволя да припомня и в каква обстановка бе министър – това бе бурното време на учителска стачка, когато под прозорците на министерския му кабинет се събираха подписи под искане за оставката му!!! Въпреки всичко, въпреки 37-те изменения и допълнения, въпреки днешната съвсем различната обществено-икономическа обстановка у нас, този закон и до днес, вече 20 години, ръководи средното образование. За да оценим мащаба и значението на този факт е достатъчно да направим сравнение със сегашната ситуация: вече 3–4 години две правителства се мъчат да прокарат през Народното събрание нов закон за училищното възпитание и образование, който да замени стария, и още не са успели да го направят!

Особено ангажиран бе Матей с проблемите на обучението по природонаучните дисциплини и в частност – с това по физика. Него го болеше от непрекъснатия спад на резултатите от това обучение, от непрекъснатото пропадане към дъното в международните класации за постижения на нашите ученици. Обучението по физика в училище, обучението на учителите по физика и положението на учителите в обществото бяха негова постоянна грижа, грижа, която проявяваше и на нашите конференции, и като председател на Съюза на физиците в България, и в многобройни-те си срещи с ръководството на Министерството. За съжаление, в това отношение не само той, цялата ни физична колегия не успя да направи съществен пробив.

Първият ангажимент на Матей с конкретните проблеми на обучението по физика в средното училище бе преди 15 години, когато за пръв път се заговори сериозно за създаване на държавни образователни изисквания за учебно съдържание. Тогава той оглави дейността на голяма група – почти 30 души, от университетски физици, от

специалисти в БАН и от специалисти по методика на обучението по физика не само от София, но и от страната, които създадоха първия проект за ДООИ – един обемист труд, който потъна в бездънните чиновнически чекмеджета на Министерството. След това започна поредната реформа на образователната система, от Запад запристигаха специалисти да ни учат как трябва да изглеждат ДООИ, учебните програми и изискванията за матурите, а Министерството смени подхода и въведе и до днес продължаващата практика: да възлага създаването на подобни важни документи на малобройни групички, в които работата по същество се извършва от 1–2 души с всички отрицателни последици от това.

С проблемите на обучението по физика в училище Маг се занимаваше не само в качеството на политик, администратор и общественик – с тях той се ангажира и пряко като физик. Тук мога да бъда още по-конкретен. Преди приблизително 10 години бяха приети действащите и сега учебни програми за профилирана подготовка по физика и астрономия. И обърнете внимание на факта, че докато за 9., 10. и 11. клас има по няколко учебника, учебникът за 12. клас е единствен, безалтернативен – учебникът на издателство “Просвета”. Това не е случайно – още тогава бе ясно, че учебник за профилирана подготовка по физика и астрономия в 12. клас е стока, практически непродаваема, т.е. от него издателствата (а и техните автори) нямат никаква печалба. За авторите създаването на подобен учебник бе особено трудно, тъй като заради характера на материала “няма от къде да се преписва” – редица теми от програмата или въобще до тогава не бяха влизали в учебниците, или не бяха застъпвани на толкова високо равнище. (Друг е въпросът, че от днешна гледна точка създаването на учебни програми с толкова високо равнище може да изглежда грешка – за това Матей няма никаква вина!) И само издателство “Просвета” пое риска да издаде учебник за 12. клас – повече от съображения за престиж, отколкото заради икономическа изгода. Матей, без никога до тогава да е писал за средното училище, пое ангажимент да развие две от най-трудните теми в програмата, темите за елементарните частици, които бяха най-близки до научните му интереси. И той, въпреки липсата на опит, се справи блестящо със задачата си. Той посвети много време и усилия на тази дейност и всеки може да се убеди в резултата: изпод перото му излязоха няколко десетки страници, отличаващи се с убедителност, последователност и яснота при излагане на най-сложните и най-съвременни постижения в тази физична област.

Учудване у мен будеше **предаността** на Маг **към**, както и **широките му интереси в науката** – от физиката на високите енергии, през астрофизиката, та до високотемпературната свръхпроводимост. Предаността към науката, на която той бе изцяло отдаден до последния си ден. На възраст от 60–70 години мнозина вече заменят научните занимания с нещо друго – или по-спокойно, или по-доходно. Не и той – влезте в кабинета му и днес и вижте с какво все още е изписана черната дъска! Около него винаги имаше по-млади сътрудници, той постоянно участваше на различни международни конференции, пътуваше до Дубна, до ЦЕРН, при него често гостуваха чуждестранни учени, с които работеше активно. И за разлика от житейските ситуации, в които той

проявяваше гъвкавост, склонност към компромиси, политичност, Маг нито веднъж не си позволи да снижи критериите си по отношение на разликата между наука и псевдонаука. И където усетеше агресивна псевдонаука, я бореше безкомпромисно!

При това Маг бе не просто ерудиран учен – той бе организатор на научните изследвания. За ролята му за осъществяване членството на България в ЦЕРН вече стана дума. Не бива да забравяме обаче, че именно когато той бе заместник председател на ДКНТП се създаде фонд за научни изследвания – първият пробив от преди четвърт век към една съвременна система за финансиране на науката.

Учудвах се и на способността на Маг да поема отговорност и, проявявайки гражданска смелост, да овладява и най-сложни ситуации. Като пример ще припомня една позабравена история от преди почти четвърт век, от времето на горбачовската перестройка, когато партийната върхушка у нас се “снишаваше, докато отmine бурята” и малцина вярваха, че нещо може да се промени. Та тогава, на поредна университетска отчетно-изборна партийна конференция през 1987 г., две години преди началото на промените у нас, четирима университетски преподаватели, виждайки приближаващия провал на общественно-политическата система, извършиха нещо “нечувано” – направиха изказвания против линията на политбюро на БКП. Разбира се, реакцията “отгоре” бе светкавична – четиримата преподаватели бяха изхвърлени от Университета, а партийната организация се оказва, меко казано, в състояние на безтегловност. В тази извънредно сложна и нажежена ситуация, когато на всичко отгоре се подготвяше тържествено честване на вековния юбилей на Университета, начело на организацията трябваше да застане човек, който да може поне малко да успокои страстите. И такъв човек се оказа Маг! Той не се побоя да стане университетски партиен секретар и като такъв успя да предотврати разрастване на репресиите, изгонените преподаватели постепенно бяха върнати на работа и се осигуриха условия за едно относително спокойно честване на 100-годишнината на Университета. Разбира се, и главницата, и лихвите за тази си дейност Маг плати по-късно по споменатия вече “закон Панев”.

Възпитан в духа на левите идеи, Маг им остана верен. За разлика от мнозина, той не среща на нож промените след 1989 г. и впрегна всичките си усилия за съчетаването на онова положително, което остана като резултат от преди, с изискванията на новите, демократичните времена.

Маг съчетаваше в себе си две на пръв поглед противоположни качества – той в много отношения бе едновременно и традиционалист, и новатор. Така като ръководител на катедрата успя в голяма степен да запази положителните страни от духа на онзи традиционен академизъм, създаван десетилетия и поддържан от неговите предшественици – акад. А. Дацев и проф. Ив. Златев. Същевременно, за разлика от тях, в научната дейност той въведе духа на сътрудничеството*, а като преподавател реорганизира и

* За по-младите колеги ще поясня какво имам предвид зад термина “традиционна академичност”. Примерно, навремето традиция у нас беше повечето професори да работят самостоятелно – акад. Дацев в нито една своя публикация няма съавтори, а същевременно отказваше и да става съавтор в работи, очевидно инициирани и изработени под негово ръководство.

модернизира курса по квантова механика според съвременните изисквания. И можем само да съжаляваме, че плодът от дългогодишния му труд заедно с друг наш колега – доц. Ал. Донков, учебникът по квантова механика, излезе твърде късно и нито един от двамата съавтори не успя да се порадва на резултата от този труд.

Не мога да не спомена и удивлението, което предизвикваше у мен Маг със своята смелост, проявявана в най-обикновен, човешки, а не в граждански, политически или някакъв друг смисъл. Той, който не можеше да се оплаче от липса на здравословни проблеми, въпреки 68-те си години, се реши да отиде и да изкара цяла смяна на нашата полярна станция в Антарктида! И отиде, и работи успешно, а с какъв възторг само разказваше за видяното и преживяното там – той, за сега най-възрастният и с най-високи научни степени и звания наш антарктик!

Дотук се помъчих да разкажа за онези качества на Матей, които имат пряко отношение и влияние върху общественото значимите му дейности. За качества му, които се проявяваха най-вече в семейния и в приятелските му кръгове не остана време. А без тях образът на един екстровеер, на една безспорно разностранна и харизматична личност като него, би бил непълен. Искаше ми се да разкажа за Маг – съпруга и бащата, за Маг – къщовника, за Маг – любителя на природните красоти (морски и планински), на ските и на сърфа, ценителя на изисканото блюдо, напитка, за Маг – душата на компанията... Той обичаше живота и го живееше пълноценно. За съжаление – не можа да остареє!

Не знам дали успях поне отчасти да опиша обаятелния човек Матей Матеев, една личност, от която струеше финес – финесът, на който човек не може да се научи нито в училище, нито на улицата – той се култивира в семейната среда. Разбира се, всичко казано дотук е пречупено през очите на само един човек. Вярвам обаче, че мнозинството хора, които са имали досег с него, са го виждали и възприемали като мен. Искам ми се колкото може повече хора и колкото може по-дълго да живеят с спомените за Матей – те ще ги правят по-добри и ще им помагат по-лесно да посрещат житейските предизвикателства!

РЕКОНСТРУКЦИЯ, СЪПКО ПЛАТЕНА (ОТ БЮДЖЕТА) АМБИЦИЯ, ИЛИ ИЗТОЧВАНЕ НА СРЕДСТВА...

Илия Пенев

Как се започна? I етап – 5 мегавата мощност

През далечната 1961г., в София е пуснат реактора ИРТ-2000, реактор от първото поколение експериментални съветски реактори.

Добър или лош, реакторът ИРТ-2000 е спрял през 1989г., тъй като е изчерпал напълно своите, и без това ограничени, възможности, той повече не е конкурентноспособен за какъвто и да е експеримент. До 1989г. вече са се появили няколко поколения нови реактори. ИРТ-2000 е реактор от серията създадена през 1955г. в Съветския съюз най-вече за „братските страни“ и е напълно естествено е той да е спрял през 1989г.

През 90-те години в ИЯИЯЕ, БАН многократно е обсъждан въпросът за създаване на нов реактор, с параметри съответстващи на реакторите от нова генерация. Обсъждат се и вероятни експерименти, аналогични на тези които вече са в ход в редица реактори по света. От друга страна, е дискутирана и финансовата страна, защото новите мощни физически установки струват все по-скъпо и по-скъпо. Достигнат е консенсус, че реактор с мощност 5 мегавата би бил подходящ за научния потенциал на ИЯИЯЕ, а също така би бил изключително полезен и за научната общност в България. Към това време, времето за експерименти на реакторите се използва над 70-80% за задачи на биологията, кристалографията, физика на твърдото тяло, изследване на материали и др. Ето защо, Научният съвет на ИЯИЯЕ-БАН, ръководен тогава от акад. В. Андрейчев решава да проведе общо обсъждане на този проблем.

Официално са поканени всички научни институти на БАН, МА, ССА, както и всички други научни институции на България по това време, имащи отношение към изследвания с помощта на ядрен реактор. На всички поканени е предоставена възможност да представят евентуални проекти, при определени условия, като видове канали, интензитет на неутрони с различна енергия и т.н. За съжаление резултатът е плачевен, научната общественост на България практически не е готова за използването на подобна установка. Няма значителни проекти, както за фундаментални изследвания, така и за приложни. В областта на приложните има един от ИЯИЯЕ и друг от ИМ, но и двата са далеч от каквато и да е рентабилност, още по-малко от покриване даже на експлоатационните разходи. Не е проявен интерес, нито са заявени (проектно) никакви часове на каналите за обучение или практики и от никой от университетите в България. Една от основните пречки е стойността на използването на подобно съоръжение. Използването му е доста скъпо и изисква добре финансирани проекти и

масирано международно участие, както е при другите реактори. В действителност се оказва, че нямаме готовност за такъв мултидисциплинарен проект.

В допълнение се надига масов обществен протест против построяването на реактор в квартал „Младост“, като общината също има негативно отношение. Тази ситуация води до спиране на проекта, реакторът ИРТ-2000 остава за евентуална консервация и ликвидация в бъдеще. Помещенията и лабораториите продължават да се използват за други цели. Отработеното гориво остава в активната му зона, като не се отстранява почти 20г. години, поради което той продължава да се счита „ядрено съоръжение“, и е осигурено скъпоструваща охрана. Въпреки, че реакторът е спрял, съхранен е и същият персонал, както при работещ. Ситуацията продължава дълги години, повече от 20.

II етап – 200 киловата мощност (25 пъти по-малка!)

Неочаквано, в края на мандата си правителството на Костов взема едно странно решение, №552 от 6 юли 2001г., по предложение на МОН, или както е записано в протокола на заседанието:

1. Одобрява предложението за преустройство и реконструкция на изследователския реактор ИРТ-2000, намиращ се на площадката на Ядрената научноекспериментална база (ЯНЕБ) към Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика – Българската академия на науките, за приложни, научноизследователски и учебни цели.

МС решава реакторът да се преустрои от 2000 кв на 200 кв., като не е ясно какви са мотивите за това преустройство. Не са ясни и мотивите на МОН, то никога не е участвало в дискусиите за вида и мощността на реактора. Предложението не е обсъждано пред цялата научна общественост. Предвижда се на местото на старата активна зона, да се постави нова, 10 пъти по-малка. Старият корпус, от 50-те години, заедно с лабораториите от същото време остават. Предлаганият реактор с нищо не подобрява параметрите на спрения вече, даже има многократно по-ограничени възможности от този, който вече, както бе казано е непригоден за фундаментални и приложни изследвания. Никъде не са публикувани мотивите за реактор с такава мощност, която е непригодна за фундаментални или приложни изследвания. Никой не дискутира конкурентоспособността на това съоръжение със съществуващите в света.

Тук е местото да се отбележи, че въведените в експлоатация реактори в това време имат мощност 10-20мегавата, или около 100 пъти повече. Активните зони на всички реактори след 80-те години са от съвършено друг, нов тип, както и цялостните им конструкции, а тези от 2000-те са още по-модернизирани.

Тази ниска мощност от 200 киловата, вероятно е мотивирана от факта, че реакторът остава в гъсто населен район, и се очакват протести към мощността в рамките на мегавати, каквито са всички експериментални реактори вече по това време. Но компромисът от тази страна напълно ликвидира евентуалните възможности за научни изследвания. Разбира се, макар и с малка реакторът в гъсто населен район е проблем. От друга страна, евентуалната реконструкция обаче открива широки финансови възможности за определени хора в ИЯИЯЕ, БАН.

За да се осигури финансово това необосновано решение, за десетки милиони, МС добавя в същото решение:

2. Министерството на финансите по предложение на директора на Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика и председателя на Българската академия на науките ежегодно да предвижда в държавния бюджет необходимите средства за изпълнение на решението.

Странното в това решение, е че за т.н. реконструкция не се фиксира никаква цена до завършването и . Това в бъдеще отваря вратички всяка година да се иска „колкото потръбна“. Още по-странен е фактът, че предложението за реконструкция се внася от МОН, процесът се възлага на институт от БАН, а МОН не поема никакви ангажменти.

И така, започват да се отпускат средства, по решение на МС, като с това решение МС не изяснява, кой и как ще финансира самата експлоатация на реактора, след евентуалната му реконструкция и още по-скъпата ликвидация впоследствие на отработеното гориво и радиоактивните отпадъци. По тези проблеми има пълно мълчание.

Какво е направено и какви са целите?

МС започва да финансира многомилionen проект .Следващите правителства след това на Костов години наред също го финансират. Финансирането е извън бюджетът на БАН, и е т.н. целево финансиране на МФ. Министър Дянков е единственият, който поставя въпросителни относно финансирането му. Никой не си задава въпроса за какво и къде отиват парите. МС никога не е правил одит как се харчат средствата за този най-голям научен проект, който обаче няма научна обосновка. Не е назначен и надзорен съвет каквато е международната практика за подобни големи проекти. Надзорният съвет обикновено е съставен с участието на външни, включително от чужбина, специалисти.

Каква е реалността – започва финансирането на най-големия научен проект в РБ, (многомилионен, но до сега няма точно определена проектна стойност). леко и бързо, само с едно решение на МС. По-нататък настъпват още по-странни действия, многомилionen разходи са реализирани от ограничен кръг от хора. Как и за какво се изразходват средствата по т.н. реконструкция никога никъде не е докладвано, в това число и пред НС на ИЯИЯЕ. Единствено счетоводителя на ИЯИЯЕ може би е имал информация. Въпреки, че по принцип проекта е в звено на БАН, никога общото събрание на БАН не се е занимавало с инвестициите по проекта, както и с научната му обосновка. Никога не е обсъждано оправдани ли са тези инвестиции и до какво ще доведат.

Всички разходи, както и фирмите с които се работи, се определят от директорът на ИРТ-2000 доц. Т. Апостолов, който навършва т.г. 75 г. Не е имало никаква отчетност до настоящия момент. След проведения финансов одит при смяната на директора на ИЯИЯЕ става ясно, че хиляди са изхарчени за необосновани дейности, в това число и за обяди в скъпи ресторанти, а хонорарите на някои за изтеклата година са между 50 и 110 хиляди лв.

Единственият по-значителен резултат от тази „реконструкция“ е изнасянето на отработеното гориво, дейност финансирана от САЩ. Всичко останало е в същия вид в който е създадено през 50-те години. Разбира се външният вид (градинки, добра охрана от жандармерията и т. н.) е значително подобрен. Подобрен е и пропускателният режим в района, за което се грижи жандармерията, естествено срещу заплащане.

Основният акцент, през изминалите години се поставя на рекламирането на т.н. борна терапия на някои ракови заболявания, експериментален метод, ограничено прилаган в рамките на 30 до 50 случая годишно в някои страни, например в Холандия, но преустановен. Методът там е прилаган по инициатива на екип онколози, които практикуват лъчева терапия. Тук озадачаващото е, че той се предлага от физици, и до сега няма екип (по-надолу ще видим а нужен ли е) от съответни специалисти по лъчева терапия. Стойността на едно облъчване в Холандия е около 40000 евро, тук не може да се очаква да е много по-малка. Не е изяснено кой би покрил тези разходи. Здравната каса също няма отношение към този експериментален метод, тя финансира клинични методи с определени резултати. В действителност, методът не само че е експериментален, но и с твърде ограничено приложение. Сравнително не много пациенти се подлагат на лъчева терапия и в други държави, например може да се види от http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1360_ICRR_2007_CD/Papers/I.N.%20Auterinen.pdf, че за 2006 г. във Финландия са приведени данни за само 26 пациента. В значителна част от тези случаи няма положителен ефект. Използването на т.н. борна терапия е далеч от клинично, рутинно прилагане, още повече в случаи без концентриране на снопа от неутрони в малък обем.

Другите афиширани дейности за бъдещия реактор имат твърде обтекаема формулировка и не са подкрепени от никоя научна институция като реално заявена дейност, като договори или например финансиране. Никога не е заявена очакваната експлоатационна стойност на бъдещото съоръжение, както и стойността работа на 1 час на даден канал, каквато е практиката по света. Респективно няма и абсолютно никаква оценка на евентуална възвращаемост на този многомилionen проект, чиято стойност към момента надхвърля сумата от бюджета на 1/3 от институтите в БАН. Няма финансова обосновка даже за т.н. борна терапия, колко пациента биха били облъчвани и кой би заплатил процедурата, която далеч не свършва с облъчването. Въпреки това, никой в БАН не се интересува за какво отиват тези разходи, и тази реконструкция води ли до едно съвременно научно съоръжение. В ИЯИЯЕ години също няма отчетност, защото се заявява, че парите са целеви и могат да се харчат единствено според решенията на ръководството.

Всички проектни дейности, по вида на реактора, възможностите му и експерименталното му използване се определят от идеолозите на реконструкцията, доц. Апостолов, доц. Илиева и доц. Белоусов. Като резултат е предложена конфигурация на реактор тип „съветски“ от 60-70г., без съвременните устройства, които имат всички нови реактори, като канали за студени неутрони (от 3 до 5 пъти по-ефективни от топлините!), липсват

неутроноводи и фокусиращи устройства, които събират неутронния сноп в петно по-малко от 1 cm² и най-вече интензитета на неутроните в предлаганите канали е над 100 пъти по-малък от този в съвременните реактори, виж например http://www.frm2.tum.de/fileadmin/stuff/instruments/BlueBook/exp-fac_weboptimiert-2p.pdf

В същия сайт ще намерите описанието на десетки експерименти, които се провеждат от институти на ЕС и останалия свят на този реактор край Мюнхен. Нищо подобно тук няма. И не може и да има, такива са параметрите на реактора. Няма нито една заявка за използването на тази многомилionenна установка, в реконструкцията не участва (с научни проекти, експерименти) нито едно външно звено, няма предварително заявени експерименти.

Разбира се старите лаборатории остават в същия вид, както са създадени според вижданията от 50-те години. Изобщо в цялата стара сграда се цели да се създаде ново изследователско съоръжение, като реакторът се разположи в старата защита на бившата активна зона, остават и старите канали. Идея немислима при съвременната организация на научните изследвания. Нито един от новите изследователски реактори по света не е създаден по такъв начин, както и с толкова ниски параметри. Но както се оказва по-късно, в крайна сметка не е важен толкова крайният резултат, важен е самият процес на т.н. реконструкция, тъй като той е покрит с добра финансова настилка. И колкото по-дълго продължава този процес, толкова по-добре. Финансовият одит, иницииран от новото ръководство на ИЯИЯЕ убедително показва това.

Реактор или електронен ускорител?

В различните болници по страната в момента има 4 ускорители на електрони, в специализираната болница за активно лечение по онкология, в МБАЛ “Св. Георги” в Пловдив, в МБАЛ “Токуда” и в “Царица Йоанна-ИСУЛ”, като последният е най-съвременен и с изключително разнообразни възможности.

Ускорителите на електрони, използвани в онкологията имат особено широк спектър на приложение, лъчението което те генерират е ефективно към много от заболяванията и затова масово се прилагат. В страни като Австрия, Финландия, Швеция, с население близко до това на РБ има, от 25 до 50 такива. Световните медицински норми препоръчват 1 ускорител за ~200000 човека или за България ~ 40. Ние имаме 4. А в Холандия, или както я наричат „Меката на лъчетерапията“ например има над 100 такива установки.

Коментар не е нужен.

Електронният ускорител не е ядрено съоръжение, от вида на ядрен реактор, при изключването му лъчението изчезва, не натрупва радиоактивни изотопи, не се нуждае от ядрено гориво, както и от ликвидацията на същото. Не се нуждае и от специализирана охрана от жандармерията, не се нуждае от буферни защитни площи, не генерира екологични проблеми, и **НАЙ-ВАЖНОТО, ГОДИШНО МОГАТ ДА СЕ ОБЛЪЧВАТ ДО 2000 ПАЦИЕНТА.** В допълнение стойността на експлоатацията на подобно съоръжение е десетки пъти по-малка. Има време на живот приблизително 30г., след

което просто се демонтира, при което не възникват екологични проблеми. Оценките за стойността на подобно съоръжение, в зависимост от инвестициите за сграда са в рамките до 5-6 милиона лева, срещу тази над десетки милиона за реактор, при това без включени разходи по демонтирането му.

Пускането на един подобен ускорител, заедно с подготовката на сградата е в рамките на 1-1.5 г., за реакторът вече са използвани 7-8 г., и нещата са на нулево ниво, тепърва предстоят значителните монтажни работи, доставка на гориво, активна зона, системи на управление, дълги настройки, евентуално експериментално пускане и т.н. Работа за още 3-4 г. А кога ще започнат облъчвания биха могли да кажат само специалисти лъчетерапевти. Разбира се ако имат интерес към подобно съоръжение и метод на работа. Очакваната бройка пациенти, при оптимистични оценки не може да надхвърли 50. При около 2000 за един електронен ускорител.

Коментар отново не е нужен.

Тогава кому и за какво е нужен реактор на 200 квт?

Все някога някой трябва да отговори ясно и мотивирано на този въпрос. Дали това е амбициозен проект на правителството, все пак постановлението, по предложение от МОН, е негово, а финансирането е от правителството в лицето на Министерството на Финансите? Тогава вече е време министерският съвет да каже за какви цели и на каква цена реализира този проект?

Дали това е проект на БАН? Къде са тогава научните проблеми които там ще се решават? Къде са новите лаборатории, къде са новите експериментални установки, които би трябвало да съпътстват проекта? Как БАН ще осигури финансирането на експлоатацията му? С какви средства? Къде са приложните разработки, които биха покрили инвестициите и експлоатационните разходи? Как БАН би осигурил ликвидацията на радиоактивните отпадъци и отработено гориво?

Дали това е проект на Министерството на Здравеопазването? Къде е тогава екипът който ще го използва и на каква цена? Колко ще струва едно облъчване с този реактор? В страните от ЕС това е около 40000 евро, защото методът е експериментален, далеч от клинично използване, а има и юридически проблеми. Оправдани ли са подобни разходи, при наличие на много по-ефективни конвенционални методи? Ще финансира ли МЗ един експериментален метод, този на борната терапия? Къде е Здравната каса, която би трябвало да покрива разходите по подобни лечения? (което едва ли може да се случи!)

Дали това е проект на МОН? Те са вносител на предложението на 6 юли 2002 г. Тогава къде са университетите, които ще обучават там студенти, колко на година и на каква цена? Колко студенти изобщо учат ядрена физика в цяла България? Отговорът е няколко десетки... Колко от тях биха използвали реактор на 200 квт за лабораторни, дипломни работи и др. – значително по-малко от няколко десетки, а на практика единици, както е било при стария реактор.

Дали това е проект на ИЯИЯЕ – къде са тогава експериментите които се готвят

в този институт? Там специалистите по неутронна физика се броят на пръсти, след съкращенията инициирани от правителството.

Може би тогава МИЕТ, може би енергетиката в България ще използва този реактор? Дали има подобен интерес? Може би, защото настоящите ръководители на проекта, в момента в който е назначен одит на извършените разходи, заявяват, че искат да прехвърлят съоръжението към структурите на енергетиката. Вероятно разчитат там да няма одити?

И отново питаме – кому е нужен и за какво, този огромен проект, най-големият в сферата на научните изследвания в България?

За какво се харчат толкова средства?

Дали това е скъпо платена амбиция?

Или просто източване на бюджета?

Има ли изход от ситуацията?

Изход винаги има, ако се търси. В случая, всички направени инвестиции по т.н. реконструкция биха били същите, ако реакторът имаше програма за ликвидация. До този момент, най-същественото е изнасянето на отработеното гориво. Няма никакви ограничения, това безумно харчене на средства да се спре, реакторът да мине в ликвидация, в съответствие с международните норми, а сградата, както и персоналът и някои специалисти от ИЯИЯЕ да се използват за пускането на един или даже два електронни ускорителя за медицински цели.

ИЯИЯЕ има потенциал да окаже съдействие на медицинските среди. Има и вариант за ускорител за приложни цели, който може да оправдае инвестираните средства. Още повече, че в момента България е една от страните с най-малко приложение на ускорителите за приложни и медицински цели.

ОФИЦИАЛЕН ОТГОВОР НА ИЯИЯЕ ОТНОСНО СТАТИЯТА “Реконструкция, скъпо платена (от бюджета) амбиция” на доц. И. Пенев

доц. д-р Димитър Тонев, Директор на ИЯИЯЕ

Ръководството на ИЯИЯЕ се запозна с твърденията на доцент д-р Илия Пенев, изложени в неговата статия “Реконструкция, скъпо платена (от бюджета) амбиция”. Предварителният анализ показва, че част от тези твърдения са неоснователни и не отразяват вярно решенията и действията на ръководството на ИЯИЯЕ и БАН, свързани с изследователския реактор ИРТ-София. Следва да се отбележи, че тези решения са приемани след обсъждане на представените обосновки и доклади и винаги досега са били в подкрепа на реконструкцията на реактора като научно-експериментална и учебна база.

Реконструкцията протича с отчитане на динамично променящата се нормативна база за пускане в действие и редовна експлоатация на ядрени съоръжения в България и се изпълнява под надзора на Агенцията за Ядрено Регулиране и Министерството на околната среда и водите.

Ръководството на ИЯИЯЕ счита, че в своята статия доцент Илия Пенев излага лично мнение и схващания за работата в областта на ядрените изследвания и ядрената енергетика у нас. Той посочва обаче и редица тревожни факти свързани с провеждането на реконструкцията на реактора и нейното финансово осигуряване, които са обект на провеждания понастоящем финансов одит. Ръководството на ИЯИЯЕ и Председателят на БАН наредиха извършване на внимателна проверка на финансовата отчетност по проекта, за резултатите от която научната общественост ще бъде надлежно уведомена.

От друга страна, трябва да се отбележи, че с реконструкцията на предишния изследователски реактор в такъв с по-ниска мощност могат да бъдат спестени около 80% от цената за построяване на изцяло нов изследователски реактор със същите параметри. Според г-н Данас Ридикас, ръководител на мисията на МААЕ, която инспектира състоянието на работата по новия реактор (21-24 март 2011), построяването на напълно нов реактор с мощност 200kW би струвало около 80 милиона евро, а дострояването на такъв върху вече изградена лицензирана площадка около 30 милиона евро. В случай на реконструкция на съществуващия изследователски реактор в София, по наши данни, това би струвало значително по-малко.

Такъв реактор би бил безценен за науката, образованието, медицината, енергетиката и селското стопанство в нашата страна. Световният опит на страните с развита ядрена енергетика показва, че използването на изследователския реактор за обучение и специализация на кадрите е задължително условие за осигуряване на необходимата квалификация и знания в ядрената област. Изследователският реактор е национална

база за развитие и съхранение на ядрената наука, знания и култура. Сред приложенията на реактори с ниска мощност е получаването на медицински радионуклиди, облъчване на материали за изучаване на особености в структурата и свойствата им възникващи в радиационна среда, неутронният активационен анализ – чувствителен аналитичен метод за едновременно определяне на елементи и следи от тях в различни проби и образци от органични и неорганични съединения, археологични обекти, медицина, полицейско дознание и др., неутронната радиография – ефективен метод за образна диагностика на различни обекти, поместени в метални или други обвивки, за хомогенност и наличие на вътрешни пукнатини и структурни дефекти.

За планираната програма за научни и приложни изследвания със сноповете на изследователския реактор ще бъде представена по-подробна информация в близко време.

ЕЛЕКТРОНЕН ПОРТАЛ И СПИСАНИЕ „БЪЛГАРСКА НАУКА” (<http://nauka.bg>)

Ние сме млади хора, които създадоха и развиват изданието вече повече от 5 години с цел да разпространяваме научна информация, научни познания и постижения сред българските младежи и цялата българска аудитория.

Списанието (<http://issuu.com/bgnauka>), което правим и издаваме има аудитория от над 25 000 разглеждания всеки месец. Списанието е насочено към обикновения читател и поради тази причина се стремим да представяме сложната наука достъпно и интересно за хората, които действително живо се интересуват, но не са специалисти. Общата аудитория е повече от 200 000 души месечно.

Имаме чудесната възможност да станем мост, който да популяризира връзката на обществото и обикновените хора с науката и учените. Учените в България би следвало да имат и популярна публика, а хората и което е особено радващо за нас – младите хора на България, имат разнообразни интереси и въпроси. Учените могат да говорят разбираемо на хората чрез нас, а хората могат да задават своите въпроси на учените чрез нас – в това виждаме мисията на изданието ни.

За връзка с нас: admin@nauka.bg

СЕДМИ РЕДОВЕН КОНГРЕС НА СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ

Висшият отчетен и избран форум на Съюза на физиците в България – VII-ят редовен конгрес, се проведе на 7 април 2011 г. в Аулата на СУ „Св. Кл. Охридски”. Почетни гости на конгреса бяха председателя на БАН акад. Никола Съботинов – член на СФБ, члена на Столичния общински съвет доц. д-р Вили Лилков – зав. катедра „Физика” в МГУ „Св. Иван Рилски”, ректора на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски” доц. д-р Запрян Козлуджов и зам.-председателя на Съюза на учените в България чл.-кор. Ангел Попов – почетен член на СФБ, които произнесоха приветствия от името на институциите, които представляваха. (Бел. Ред. Приветствието на акад. Съботинов публикуваме в настоящата книжка.)

Със ставане на крака и едноминутно мълчание делегатите и гостите на конгреса изразиха почитта си към светлата памет на починалите през отчетния период наши колеги начело с уважавания дългогодишен председател на СФБ акад. Матей Матеев.

В отчетния доклад на ръководството на СФБ неговият председател акад. Александър Петров направи преглед на извършеното през изтеклия мандат. Основната дейност на СФБ традиционно беше посветена на образованието, проблемите на фундаменталните и приложни изследвания по физика, популяризацията на физика, връзките на съюза с редица правителствени и неправителствени организации у нас и в чужбина. Съюзът е изказвал и своята професионална и гражданска позиция по редица наболели проблеми на нашето общество и отдавна е спечелил позицията на авторитетна национална неправителствена организация – част от гражданското общество в страната. Дейността на СФБ е от голямо значение за физическата колегия и оказва сериозно влияние върху развитието на образованието и научните изследвания в областта на физическите науки, както и за популяризирането на физиката в обществото. В заключение, акад. Петров изказа дълбока благодарност към досегашното ръководство на съюза и редакциите на печатните му органи, както и на всички колеги, безкористната дейност за напредъка на физиката – нашата любима наука.

Разискванията по доклада бяха свързани основно с проблемите на образованието. Загриженост за настоящето и бъдещето на обучението по физика и астрономия, както и по природните науки, са изразили всички участници – преподаватели в средните и висши училища, в проведения през март т.г. в Ямбол Национален семинар „От Ръдърфорд до колайдера”. Ямболският учител по физика Милен Гайдаров представи предложенията за решения на конгреса от страна на участниците в проведената по време на семинара дискусия, на която са били обсъдени недобрите резултати от Националното външно оценяване по физика, учебните планове, учебните програми и материалната база:

- В предстоящите промени на нормативната уредба на средното образование

да се запази съществуването на Държавен образователен стандарт за обучението по физика и астрономия.

- Да се предвиди в Държавния образователен стандарт за физическа среда за обучение по физика и астрономия задължителен минимум учебно-технически средства за преподаване на всяка урочна единица.

- Подкрепя на идеята за въвеждане на задължителен трети зрелостен изпит.
- Академичните съвети на висшите техническите университети да повишат коефициента на участие на оценката по физика и астрономия от дипломата за средно образование при образуване на кандидат-студенския бал и при възможност да въведат приеман изпит по физика.

- След приемане на новия Закон за предучилищното и училищно образование да се проведе Национален форум за обсъждане на конкретни мерки и дейности от страна на СФБ.

Според доц. Серафим Николов от ТУ – София, основно се набляга на науката, а положението със средното и висшето образование – особено в нефизическите висши училища, е трагично. Той предложи конгресът да възложи на УС на СФБ да разглежда с приоритет и съответно да взема своевременно решения и да организира действия по въпросите, свързани с установяване на нормално, добро обучение по физика в българската образователна система. Това се отнася преди всичко за средното образование и – на второ място, за обучението по физика за инженерните и други нефизични специалности, изискващи базова подготовка по физика. За целта е необходимо: навременно и изпреварващо разглеждане на проектите на МОН и другите държавни институции по съответните закони и нормативни актове, засягащи образованието у нас; установяване на контактите и съвместни действия с другите граждански организации, свързани с образованието и особено с тези от областите на природните, математическите и инженерните науки; изготвяне и огласяване на становищата, свързани с финансовото и материалното обезпечаване на образователния процес, заплащане на труда на преподавателите и т.н. – въпроси, които са в основата на отлива от преподавателската и изследователската професия, недостига на кандидат-студенти за физическите специалности и „оголването” на страната от кадри в нашата област.

Проф. Иван Лалов изрази становището си, че независимо от трудностите – най-вече от материално естество, трябва да се проведе конгрес на физическите науки, в който да се поставят въпросите на физиката, образованието по физика и приложенията на физиката. Проблемите с образованието са наистина тревожни, трябва да се направи преоценка на начина на преподаването, за да стане физиката привлекателна наука за учащите се.

Конгресът обсъди и прие някои промени в Устава на СФБ, с които се прецизират и актуализират някои от постановките в него.

Беше приет размерът на членския внос за индивидуалните членове на СФБ, както следва: 12 лв. за професори и заплати над 1000 лв.; 10 лв. за доценти и заплати над 700 лв.; 8 лв. за гл. асистенти и учители; 5 лв. за докторанти, асистенти и пенсионери.

Конгресът одобри и предложенията за почетни членове на СФБ – за заслугите им за развитието на физиката и активна съюзна дейност.

За председател на новоизбрания Управителен съвет на СФБ беше избран акад. Ал. Петров. Списъка на заместник председателите, на членовете на новоизбрания УС и на Централната контролна комисия на съюза публикуваме по-долу. Публикуваме и новоизбраните почетни членове на СФБ. Седмият редовен конгрес на Съюза на физиците в България е вече в историята. С пожелание за успешна работа „на ползу физиката” на новоизбрания Управителен съвет.

Пенка Лазарова – отговорен секретар на СФБ

УПРАВИТЕЛЕН СЪВЕТ НА СФБ

ПРЕДСЕДАТЕЛ

акад. Александър Георгиев Петров

ЗАМ.ПРЕДСЕДАТЕЛИ

проф. дфн Иван Йотов Лалов

Ст.н.с. дфн Анна Иванова Георгиева

доц. д-р Теменужка Атанасова Йовчева

ИЗПЪЛНИТЕЛЕН СЕКРЕТАР

Пенка Ганчева Лазарова

Ч Л Е Н О В Е

Веселина Любенова Салтиел

Доц. д-р Вера Хаджимитова

Доц. д-р Димитър Балабански

Доц. д-р Евгения Петрова Вълчева

Проф. дфн Иван Митев Узунов

Доц. д-р Любомир Костадинов Лазов

Доц. д-р Мая Цанкова Гайдарова

Маргарита Йосифова Димитрова

Марин Богданов Ботев

Милка Илиева Джиджова

Проф. дфн Николай Стойчев Тончев

Гл. ас. д-р Нели Иванова Димитрова

Никола Огнянов Каравасилев

Доц. д-р Олег Иванов Йорданов

Доц. д-р Петко Костадинов Витанов

Росица Георгиева Конова

Доц. д-р Радост Иванова Василева

Проф. дфн Тодор Михайлов Мишонов

Тонка Иванова

Юлия Иванова Върбанова

**ЦЕНТРАЛНА КОНТРОЛНА КОМИСИЯ
ПРЕДСЕДАТЕЛ**

Доц.д-р Венцеслав Стоянов Тодоров

СЕКРЕТАР

Доц. д-р Атанаска Спасова Андреева

ЧЛЕНОВЕ

Проф. дфн Борис Георгиев Арнаудов

Доц. д-р Сашка Александрова

Н.с. Виктория Виткова

Новоизбрани почетни членове на Съюза от VII Конгрес на СФБ

1. Александър Банков – преподавател във Физическия факултет на СУ, специалист по приложна оптика и дългогодишен член на СФБ. Активен участник в научно-приложната дейност на Софийския клон на Съюза в помощ на училищните кабинети по физика.

2. Борис Арнаудов – преподавател във Физическия факултет на СУ, 19 години управител на действащата от името на СФБ фирма Булфизика и като такъв е действал успешно при организиране и административно и финансово обслужване на научни и научно-приложни разработки, включително ремонт на уреди в училищни кабинети по физика в училищата, разработки по поръчка на държавни институции като Комитета по съобщения, МОСВ, АЯР и др.

3. Георги Мекишев – преподавател във Физическия факултет на ПУ. Активен член на СФБ. Добър организатор, той работи активно и с много инициатива два мандата като зам.-председател на СФБ – клон Пловдив, един мандат – като негов председател и един мандат – като член на Управителния съвет на СФБ, с което допринася за успехите на пловдивския клон.

4. Драгия Иванов – преподавател във Физическия факултет на ПУ. Активен член на СФБ, популяризатор на физиката сред учениците. Редовен участник в националните конференции по въпросите на обучението по физика с представяне на атрактивни и ползващи се с голям интерес сред участниците в конференциите физични демонстрации.

5. Крум Коленцов – учен от ИФТТ на БАН, член на ръководството на Софийския клон няколко мандата. Активен участник в научно приложната дейност на Клона в помощ на училищните кабинети по физика. Организатор на посещения на ученици в Музея на физиката в БАН и автор на статии,отразяващи приложните постижения на видни български физици.

6. Людмил Вацкичев – преподавател във Физическия факултет на СУ, бивш председател на Софийския клон на Съюза, член на УС на СФБ и на редколегията на сп. “Светът на физиката”. Организатор и активен участник в почти всички инициативи на Клона през последните десетилетия.

7. Маргарита Горанчева – учителка по физика в София и специалист в МОН (понастоящем пенсионер) с активно участие в организацията и осъществяването на дейностите на Софийския клон и Клуба на физиците.

8. Марлена Любенова – директор на НАО “Галилео Галилей” – Силистра и председател на местния клон на СФБ. Организира и провежда значими областни, национални и международни прояви свързани с дейността на СФБ като домакинство на Национална конференция, Световна година на физиката, Световна година на астрономията, Физика на сцената, нощ на учените и др.п.

9. Милка Джиджова – учителка по физика в София, дългогодишен активист на СФБ, два мандата член на УС, организатор и член на журито на младежките научни сесии, провеждани в рамките на Националните конференции по въпросите на обучението по физика, радетел за екологичното образование на младежите, председател на Националния ученически екопарламент.

10. Пенка Лазарова – член на УС на СФБ и негов изпълнителен секретар, редактор на сп. “Наука”, активен организатор на дейността на СФБ по международните инициативи “Физика на сцената”, “Наука на сцената”, на младежките сесии на националните конференции по въпросите на обучението по физика, на контактите на СФБ с Британския съвет за популяризиране на физиката и др.п.

11. Росица Конова – учителка по физика в Севлиево, дългогодишен активист на СФБ, член на Управителния съвет. Организатор на два Фестивала на науката, проведени в Севлиево и високо оценени. Нейни ученици два пъти са печелили конкурс и са участвали в Международните фестивали «Наука на сцената», в три издания на Европейската нощ на учените в София, както и във Фестивала на науката, посветен на Световната година на физиката в Софияленд.

12. Румяна Митрикова – преподавател във Физическия факултет на ПУ. Активно се включва в работата на съюза, като проявява много инициативност и добри организаторски качества. Два мандата е била зам.-председател на СФБ – клон Пловдив, два мандата – председател на СФБ – клон Пловдив, един мандат – член на Управителния съвет на СФБ.

13. Стефан Балабанов – учен от ИФТТ на БАН, няколко мандата член на ръководството на Софийския клон на СФБ и председател на Клуба на физика. Организатор на разнообразни инициативи в дейността на Клуба и връзките с обществеността.

14. Цветанка Кьовлиева – учителка по физика в София с богат преподавателски опит и активност при осъществяване на различни инициативи на Софийския клон, свързани с популяризиране на физиката сред учениците.

15. Елка Златкова

16. Петьо Симеонов

17. Ренна Дюлгерова

Изборът беше направен по предложение на комисията за предложенията с председател проф. Хр. Попов.

ПРИВЕТСТВЕНО СЛОВО ДО УЧАСТНИЦИТЕ В КОНГРЕСА НА ПРЕДСЕДАТЕЛЯ НА БАН АКАД. Н. СЪБОТИНОВ

УВАЖАЕМИ АКАД. ПЕТРОВ,
УВАЖАЕМИ КОЛЕГИ,
СКЪПИ ПРИЯТЕЛИ,

Имам удоволствието от името на ръководството на Българската академия на науките и лично от мое име да ви поздравя по случай Седмия конгрес на Съюза на физиците в България и да ви пожелаю успешна и ползотворна работа.

Като физик и член на Съюза на физиците в България, аз добре познавам детайлите в дейността на професионалната организация на българските физици. Прегледът на отчета на СФБ за изтеклия мандат дава реална представа за многостранната дейност на съюза, за обществената ангажираност към проблемите на физическите науки и образованието по физика. Заслужава внимание и дейността на СФБ за популяризиране сред широката общественост ролята на физиката за съвременното познание на света и като база за развитието на нови технологии и повишаване качеството на живот.

Считам за много удачна идеята VII конгрес на СФБ да се проведе преди откриването в същия ден на ежегодната – 39-та по ред, Национална конференция по въпросите на обучението по физика, на тема: „Атомната и ядрената физика в образованието”, посветена на 100-годишнината от създаването на Модела на атома от лорд Ръдърфорд и на паметта на нашия колега акад. Матей Матеев – дългогодишен председател на СФБ.

Темата на конференцията е изключително важна. Няма да ни стигне времето да изредим отраженията на откритието на Ръдърфорд върху напредъка на различни по характер човешки дейности и влиянието му върху развитието на икономиката и качеството на живот в съвременното общество – като се започне от ядрената енергетика, диагностика и лечение в медицината, ежедневието ни, в научните изследвания на други науки като: история, археология, екология в ежедневието ни и т.н.

Безспорен факт е, че познанията по атомната и ядрена физика са основа на знанията за възникването и структурата на заобикалящия ни свят на всеки съвременен човек. От съществено значение е въз основата на анализ на досегашната практика и дискусии да се оформи становище на физическата колегия относно знанията, уменията и компетентностите по физика на учениците, които следва да формират учебното съдържание, за да получат младите хора широка научна култура, да усвоят научни понятия и принципи от различни области на науката и практиката.

Не подлежи на съмнение, че високото качество на образованието е потенциал за развиването на модерна наука, култура, гражданско поведение, укрепване и развитие на гражданското общество. А чрез Младежката научна сесия „Атомната и ядрената физика – основа за познанието на строежа на материята” ще накарате способни мла-

ди хора да усетят вълнение пред науката и да бъдат стимулирани за професионална реализация в областта на физиката и на нейните приложения.

Темата на конференцията и на Младежката научна сесия е особено актуална понастоящем и във връзка с аварията в АЕЦ в Япония – резултат от природните бедствия, когато е очевидна ползата от познанията за основни физични понятия в областта на атомната и ядрената физика като радиация, допустими норми, средства и мерки за предпазване, аварии и опасности и т.н.

Българската академия на науките и Съюзът на физиците в България имат традиционно добро сътрудничество, което почива на общите цели: развитие на физическите науки, съхранение на научния и преподавателския потенциал, укрепване обществения престиж на физиката и на българската наука въобще. Вълнува и ни въпросът как да насочим интереса на младите хора към науката и иновациите. Общи са интересите ни за съхраняване авторитета на нашите учени и преподаватели и към общественото признание на техния труд. Със задоволство ще подчертая, че между ръководствата на Българската академия на науките и Съюза на физиците в България винаги е имало и ще има много добро разбирателство, взаимно уважение и признание.

Уважаеми колеги,

Работим в трудна обстановка на икономически недостиг и непрестанни преустройства в областта на науката и образованието, което прави още по-ценно извършеното от всички вас.

Във ваше лице, уважаеми колеги и приятели, си позволявам да поздравя цялата физическа колегия, чиито представители – всеки в областта, в която работи, допринася за повишаване авторитета на нашата наука в обществото!

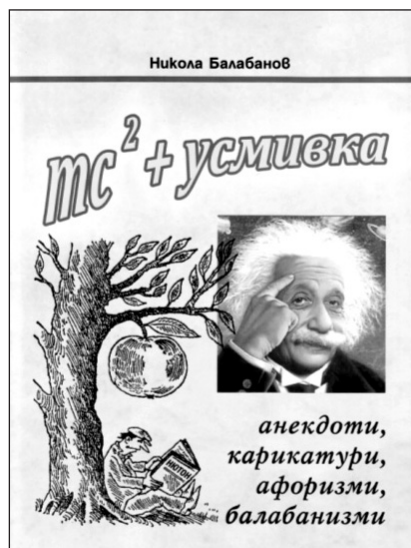
Желая успех на конгреса и конференцията и конкретен принос за повишаване престижа на българските физици и физическите науки!

Акад. Никола Съботинов, Председател на БАН

СМЯХ И БИТИЕ

Шинка Дичева-Христозова

Филологически факултет, ПУ „Паисий Хилендарски”, Пловдив



Започвайки да пиша на тези страници, напрегнато изтривах всички уж възможни „уводни думи”, поради неспособността да намеря най-точните думи, разкриващи една провокативна фигура и нейните още по-провокативни проявления. Става дума за проф. Никола Балабанов. Трудността идваше оттам, че не може да бъде посочена една отличителна черта от характера на неговия творчески натюрел. А това е така, защото той действително „стои” над канона, даващ определения за „учен”. Личността му е може би най-красноречивото доказателство, че светът на науката не е консервативна константа, която ограничава и задължава. Респектиращата област на физиката е голямата любов на професора, но недвусмислено се вижда, че „любовните” му забежки са в областта на литературата (а историята е свидетелка на много „стойностни” и „непреходни” изневери). Така съвсем естествен се оказва и последният „не-чисто-научен-текст”, озаглавен „ $mc^2 + усмивка$ ”, който претендира да бъде предимно „анекдоти, карикатури, афоризми, балабанизми”. Зад тези „ниски” жанрове обаче се крие задълбоченият ерудит, който сякаш, обръгнал от сериозните жестове на действителността, прозрял баналността на делничното, по кардашевски иска да възкликне: „Нека бъде сатира!” Сякаш наистина животът в последните десетилетия е в морален колапс и най-малкото, което в момента е нужно, е един менторски показалец над абсурдната ни битийност. И точно поради това, и благодарение на това, ние ставаме свидетели на нещо, написано (уж) между другото, в периферните „пътувания” на мисълта, които ненатрапващо ни „приласкават” да съпреживеем един привидно разтоварващ и обещаващо блажен свят на развлекателното. Оказва се, че тези 120 странички „проговарят” толкова, колкото читателят им разреши, и именно във вариативността на рецептивните практики се открояват и възможните дълбинни пластове. Зад неангажиращия забавен смях се прокрадват съвсем невеселите смисли, родени от специфичната културна реалност с появата на „чудотворци”-смехотворци, които се шегуват за сметка на народа.” Авторът уж мимоходом отбелязва, че „... някои от днешните министри взеха на присмех учените. Един от тях включи в антикризисната си програма проблема с „феодалните старци”, друг се зае с мумифицирането на Академията, защото такава му била професията”,

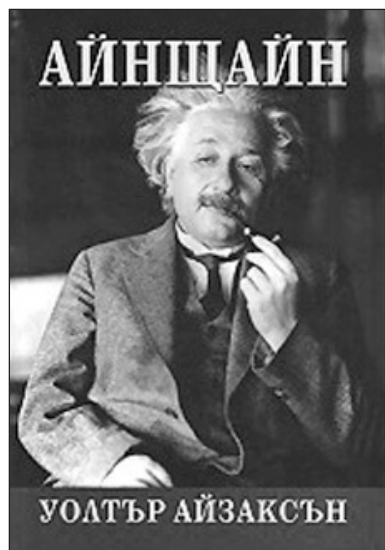
но всъщност това е проблем на нашето време, от който могат да последват важни реформи в цялата ни образователна система. Така добродушният хумор се превръща в своеобразна ледена стена, през която „прозират” различни рецептивни вглеждания. Именно отворените граници на книгата позволяват изговарянето и сговарянето на емблематични за науката имена, истории, шаржове и анекдоти. Така този паноптикум се превръща в своеобразен ценностен ориентир, посочващ ролята и мястото на всеки един от нас в трудния път на себепостигането.

В съдържателно отношение особено ценна се оказва и последната част от книгата „ $mc^2 + усмивка$ ”, която с нескрита насмешка разказва биографията на автора. Именно тук е потърсена връзката с корените, емоциите в „прохождането” към сериозната наука, както и големите и малки грешки-недоразумения с името, съвсем случайно съвпадащо с това на големия артист Никола Балабанов. Видимата дистанция и самоироничният поглед задават един неконвенционален, аналитичен и откровено провокативен поглед. Така тази последна част от книгата прави интересната връзка с първата, озаглавена „За смеха и шегите – сериозно”, като на практика демонстрира как една твърде сериозна „професорска” биография може да изговори себе си чрез шегата, без това да ѝ пречи да звучи достоверно и отговорно. Може би точно в това е и големият успех на целия текст, който непрекъснато раздвоява вниманието на читателя между реалност и фикция, между физика и литература.

Книгата „ $mc^2 + усмивка$ ” е интелектуално предизвикателство не само за специалистите физици. Тя може наистина убедително да изпълнява и своята смехотерапевтична роля, както и да бъде ключ към разбирането на една сложна вселена, състояща се от закони, експерименти и теории. Но може би най-голямата ѝ ценност е обстоятелството, че съчетава в себе си вечното знание, опита и индивидуалната значимост, пречупени през естетическия поглед на усмихващия се човек.

АЙНЩАЙН. НЕГОВИЯТ ЖИВОТ И ВСЕЛЕНАТА

М. Замфиров



*Когато пишеш, хич да не ти пука за грешките.
На биографите именно това им е работата,
да обясняват всички опущения.*
Хенри Милър

През 2009 година излезе преводът на биографичната книга на Уолтър Айзаксън *Айнщайн. Неговият живот и Вселената*. Самата тя е публикувана през 2007 год. на английски, а на българския пазар излиза от издателска къща “Жануа ‘98”. За да я четем на български заслуга имат преводачът Марин Загорчев, а редактор е Румяна Маринова.

След като дадох служебната информация, касаеща тази книга, нека се спра и на самото творение – изобщо винаги подхождам с подозрение когато става дума за биография на Айнщайн, предвид факта, че

доста автори са се упражнявали върху описанието на живота на великия учен.

Така или иначе щях да подмина тази книга, но след известно колебание реших да се сдобия с нея и да я прочета. Това, което ме накара да си променя мнението, беше тривиално, но пък ми въздейства – отгръщайки първите страници, свързани с благодарностите, се оказа, че авторът благодари на такива хора, като: отговорният редактор на архива “Айнщайн” Даяна Бухвалд, както и още четирима уредници и завеждащи архиви с името “Айнщайн”. Различни известни преподаватели по физика, привлечени от автора за каузата. Сред тях личат имената на Браян Грийн, Джералд Холгън (автор на “За любовта, физиката и други страсти: писмата на Алберт и Милева, кн. 2, 1999 г. на сп. Светът на физиката), Нобеловият лауреат Мъри Гел-Ман, както и още девет университетски преподавателя по физика (по специална и обща теория на относителността, квантова механика), специалисти по философия и история на науката, преводачи от немски. Освен това авторът е дал ръкописа и на двама гимназиални учители по физика, за да проверят дали научните обяснения са разбираеми за онези, които приключват обучението си по физика в гимназията.

Този солиден екип от коректори, преводачи и редактори ме успокоиха и ми дадоха надеждата, че няма да има фантастични залитания в книгата.

Златната жила в тази книга, всъщност, е големият брой нови документи от архива на Айнщайн, които са били отворени през 2006 година, както и неоткритите до 1986

година писма на между Айнщайн и Милева. От тези писма учените с изненада научават за раждането на дъщеря им Лизерл. Те са открити от Джон Стачъл, работещ по проекта “Айнщайн” сред около 400 семейни писма, складиран в калифорнийски сейф от втората жена на Айнщайновия син Ханс Алберт, чиято първа съпруга ги донася в Калифорния, след като отива в Цюрих да разчисти апартамента на Милева Марич след смъртта и през 1948 година.

Тук бързам да отбележа, че всеки който се опита да сравни биографията, написана от Айзаксън, с тази на Абрахам Пайс (“Изтънчен е Всевишният...”) категорично ще сгреша. Сигурен съм, че на много физици по-лекият стил на Айзаксън няма да им допадне. Освен това в тази биография читателят почти няма да срещне формули, а теориите и идеите са описани точно на ниво, за да бъдат разбрани от максимално широка публика.

И така, книгата на Айзаксън е разпределена сред 25 глави и епилог, разпростряна на 676 страници (в българското издание.) Авторът разглежда Айнщайн по всички правила на историческата персоналия – последователно от детските години, та до последните часове от живота на великия учен.

Умишлено написах, че, вероятно, на много хора няма да се хареса подходът на автора, който може да се стори лишен от дипломатичност при надзъртането в тайните и интимните писма. Нещо, което хората, работили и познавали Айнщайн, биха пропуснали (визирам А. Пайс). Така или иначе авторът, поне за мен, почти безмилостно е оголил А. Айнщайн – у мен остана усещането, че всяка хартийка, всяко писмо, написано от младия, зрелия и възрастния Айнщайн са включени в животоописанието. Като се почне от любовните излияния до Милева, извинителните писма до синовете му и се стигне до апелите за създаването на световно правителство след Втората световна война.

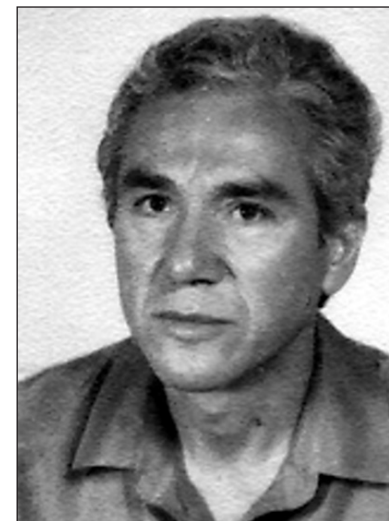
Честно да си призная, четенето на книгата ми отнемаше време, не защото ми беше безинтересна, а понеже след определено количество подобна информация се чувствах преситен от разглеждането на толкова подробни детайли от писмата, фрагменти, които могат и да бъдат пропуснати. Изобщо не мисля, че текстуалното цитиране на любовните обръщения и намерения на Айнщайн-Милева или пък одисеята с разнасянето на мозъка на Айнщайн от патологоанатома Томас Харви на Принстънската болница, извършил рутинната аутопсия след смъртта на учения, с нещо могат да обогатят читателя, но авторът си има своя линия на историческо описване и се придържа към нея през цялата книга. Всъщност подобно изравяне и описване на едва ли не всеки къс хартийка с цел показване на пълен образ на дадена личност е по-скоро характерна за такива учени и известни хора, които от дълъг период не са между живите, поради факта, че доста от личните им архиви са унищожени или изгубени и е трудно на авторите на подобни проучвания да направят нещо по-добро от едно хубаво гадаене. В случая, обаче, имаме добре поддържани архиви, носещи името “Айнщайн” на няколко места по света, имаме доста любопитни читатели, а имаме и фигура, превърнала се в икона за хиляди хора по света.

Същевременно колкото и да е подробна книгата, колкото и редактори да е имала на английски, то това което ѝ липсва в българския вариант са именно българските редактори. Допуснати са доста неточности, които издават не филологическо, а по-скоро физично непознаване. Например в раздела Действащи лица Марсел Гросман е правилно изписан, докато навсякъде в книгата бива написан като Марцел. Говори се за вълново-частичков модел, докато на български е прието да се казва вълново-корпускулярен (wave-particle). В първия момент като прочетох за Босе реших, че това е непозната за мен фигура, но след като стигнах до *Босе-Айнщайн* успях за разбера за кого и какво иде реч. Точно такива дребни на пръв поглед, но систематично допусками, грешки биха могли да затрият с лекота доброто впечатление от огромният труд, извършен от преводача.

В заключение мога да кажа, че книгата ще задоволи всяко любопитство, свързано с личния, професионалния и обществен живот на Алберт Айнщайн, но в никакъв случай научния.

АКАДЕМИК ЧАВДАР ПАЛЕВ НА 75 ГОДИНИ

Чавдар Палев е роден на 15 април 1936 г. в прогресивно семейство. На 6 месечна възраст заминава с родителите си за Франция поради планирано участие на баща му Димитър Палев в Испанската гражданска война. Бащата загива в бойните действия, а майката Милка Палева се завръща с невръстния си син в София, където го отглежда и възпитава в дух, пропит със стремеж към знания, трудолюбие, честност и почтеност. Завършва Механотехникум „Сталин“, София през 1955 г. и мечтае да конструира самолети, но както не рядко се случва в преломни моменти от живота, съдбата го отвежда в друга посока. Приет е да учи физика в Московския Държавен Университет „М.В. Ломоносов“, където защитава дипломна работа през 1961 г. Завръщайки се в България спечелва конкурс за научен сътрудник в съществуващия тогава Физически Институт при Българска Академия на Науките, а по-късно преминава на работа в един от наследниците му – Института за Ядрени Изследвания и Ядрена Енергетика.



Чавдар Палев е един от първите физици, специализирали в открития през 1964 г. Международен Център по Теоретична Физика в Триест, Италия. Работейки в течение на година в Центъра, той е един от щастливците, които ежедневно са били в контакт с Директора му, Нобеловия лауреат Абдус Салам.

1968 г. защитава докторска дисертация в Университета в Марбург, Германия на тема „Реализации на алгебри на Ли като функции на генераторите на алгебрата на Хайзенберг. Обща теория и приложения към крайни и безкрайни компонентни уравнения на полето“, а през 1977 г. хабилитационна докторска степен пред Научния съвет на Единния Център по Физика. 1984 г. е избран за Професор в ИИЯЕ. Признание за постиженията му в областта на математичната и теоретичната физика е и последователното му избиране за член-кореспондент и академик през 2004 и 2008 г.

Голяма част от научната дейност на Чавдар Палев е посветена на въведения от него алгебричен подход за обобщение на квантовата статистика, т.е. на статистиките на Бозе-Айнщайн и Ферми-Дирак, както и на техните обобщения – парастатистиките на Грийн, за които той доказва, че съответстват на различни представяния на алгебри или супералгебри на Ли от клас “В”. Тези резултати дават определен алгебричен смисъл на известните статистики и стават начало за много интересни обобщения. Палев въвежда понятието Вигнерова квантова система и изследва физичните свойства на такива системи. Оказва се, че геометрията на тези системи е некомутативна, което днес е едно от важните направления във физика на елементарните частици. Въведената от

него „А” статистика е известна и се цитира днес като „статистика на Палев”. Интерес представляват и решените математични проблеми от Чавдар Палев – той построява в явен вид крайномерни представяния на супералгебри на Ли, като дефинира аналог на базиса на Гелфанд-Цетлин за тях. Тези резултати обобщава за безкрайномерните им аналози и за квантовите деформации на тези супералгебри.

Научните резултати на Чавдар Палев са познати и признати на световно ниво. За това свидетелстват ежегодните посещения на Палев през периода 1975 – 1995 г. за работа по общи научни теми и четене на лекции в Института по теоретична физика към Техническия Университет в Клаустал, Германия; посещенията му като гост-професор във Факултетите по физика на редица университети: в Карбондейл (САЩ), Неапол (Италия), Брисбейн (Австралия), Киото (Япония), Монреал (Канада), Париж 7 (Франция), Рочестър (САЩ), Гент (Белгия), Саутхемптън, (Англия).

Чавдар Палев има над 30 години педагогическа дейност. Освен лекциите, четени в чужбина той е чел лекции във Физическия факултет на Софийския, Пловдивския и Шуменския Университет, като в последния работи като съвместител от 1977 до 1997 г.

Научно-организационната дейност на Палев протича на много нива – научен секретар на ИИИЯЕ, представител на България в Европейското физическо дружество, заместник председател на Съюза на физиците в България, председател на Секцията по физика към Съюза на учените в България, член на редколегии на наши и международни научни списания, член на Научния съвет на ИИИЯЕ, на Специализирания научен съвет по ядрена физика, ядрена енергетика и астрономия при ВАК, член на постоянния международен организационен комитет на Международния колоквиум по групово-теоретични методи във физиката, председател на организационните комитети на международни научни форуми и издател на техните материали.

Чавдар Палев е удостоен с наградата на БАН и СУ за математични и физични науки „Никола Обрешков” за постиженията му в областта на квантовата статистика. Носител е на орден „Кирил и Методий” I степен.

И нека добавим към всичко това – жизнеността, бодрия дух и чувството за хумор на учения и човека – Чавдар Палев, внимателното, предразполагащо събеседване и удоволствието да се работи с него.

Нели Стоилова

Проф. дфн МАЛИНА ДИМИТРОВА ПОПОВА (7 февруари 1922 – 14 март 2011)

Напусна ни доайенът на българската астрономия, първата жена – доктор по астрономия в България и първата жена – професионален астроном в България, професор дфн Малина Димитрова Попова.

Проф. дфн Малина Попова е родена в село Първенец, Пловдивско. Веднага след завършване на средното си образование постъпва в Софийския университет, специалност физика. Тя проявява подчертан интерес към астрономията и организира заедно с колегите си месечен бюлетин за забележителни астрономически явления.

През 1945 година проф. дфн М. Попова е назначена за асистент в Катедра по астрономия на Физико-математическия факултет на Софийския университет. В продължение на 8 години тя е асистент в Катедрата по астрономия на Физико-математическия факултет на Софийския университет. Води упражнения по сферична и теоретична астрономия на студентите по физика и математика. Успоредно с това се занимава с научна дейност и на 1 юли 1949 год. става първият астроном, защитил докторска дисертация в България.

През 1953 год. към Физическия институт на БАН се създава Секция по астрономия, сега Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория. Проф. Попова преминава на работа в новото звено, ставайки първият назначен научен сътрудник в него. Взема активно участие и в дейността на създадената към секцията Централна станция за наблюдение на изкуствени спътници на Земята.

Проф. Попова специализира в редица обсерватории в чужбина. В Зоненбергската обсерватория в Германия през 1961 г. открива 40 нови променливи звезди, сред които и една необикновена – KR от съзвездието Колар. Тази звезда е от нов, неизвестен дотогава тип. Публикациите ѝ за необикновената звезда привличат интереса на астрономи от цял свят. Най-големите обсерватории в света я включват в наблюдателните си програми. Тя е включена и в списъка на обекти за наблюдения в рентгеновия диапазон на американския спътник „Айнщайн” и съветската станция „Салют”-7. Впоследствие тази звезда става прототип на нов подклас от катаклизмичните променливи звезди.

Тя е научен секретар на звеното в течение на повече десетилетия през времето, в което се извършва подготовката за изграждането на Националната Астрономическа Обсерватория. Когато строителството на обсерваторията вече е започнато, тя е директор на звеното. Проф. Попова е автор на повече от 100 научни труда, а броят на цитиранията им надхвърля 300.

За многостранната си научна и организационна дейност проф. Попова получава високи награди и отличия. Наградена е със златна значка на БАН за заслуги при изграждането на Националната астрономическа обсерватория, с орден „Кирил и Методий” I степен, почетен знак на Софийския университет I степен, медал „Коперник” от Полската академия на науките и други отличия.

Ще я помним с признателност.

Поклон пред светлата ѝ памет !

ИНТЕРЕСНИ УЕБ-СТРАНИЦИ

Как професор Максвел промени света. Тази година, ние физиците честваме 150 години от създаването на теорията на електромагнетизма. През март 1861 година, Джеймс Кларк Максвел публикува в британското списание *Philosophical Magazine* първата част от серия от четири статии, в които за пръв път се появяват знаменитите четири уравнения, носещи днес неговото име. Изглежда сме още много далече от това мъдро бъдеще на човешката раса, когато едно такова събитие ще се чества подобаващо за значението си. (Това бъдеще ще дойде след около хиляда години казва Ричард Файнман в своите лекции!) Ето защо е повече от любопитно да се прочете в *The Economist*, списание обикновено трибуна на „пазарни фундаменталисти“ (пример – Дянков), статия с горното заглавие. Авторът на статията, представен само с инициалите си (J.P.) правилно отбелязва, че първоначално целта на Максвел е била просто да предложи математическо описание на натрупаните по това време многобройни експериментални факти и закони за електрическите и магнитни явления, но не пропуска да припомни и че е съществувал и нерешен проблем от практиката. Викторианското общество и бизнес са инвестирали много средства и усилия да се прокара презокеански телеграфен кабел, но по неизвестни причини сигналът се забавял и разпадал. Уравненията на Максвел решават проблема, но както знаем дават много, много повече: те дават лъвската част от това което виждаме наоколо и наричаме „модерна цивилизация“. J.P. отбелязва и концептуалния пробив на Максвел, обединяването в единна теория на две дотогава изглеждащи различни сили, електричество и магнетизъм, като първа стъпка към изплъзващата се и до днес единна теория на полето. Авторът не пропуска с много ирония да сравни значението на обединението постигнато от Максвел с (честваното с много фанфари) обединение на Италия, а и с опита да се разедини САЩ чрез гражданска война станали през същата 1861 година.

http://www.economist.com/blogs/babbage/2011/04/physics_anniversaries

Домът на Джеймс Кларк Максвел в Единбург: В юбилейната за създаването на електромагнитната теория година си заслужава да се посети ако не на място то поне уеб страницата на родния дом на Максвел превърнат в обществена сграда и музей. Ученият е роден на „Индия стрийт“ No. 14 в Единбург. Къщата се намира на около 15 минутна разходка пеша от централната гара на града и принадлежи на фондацията „Д. К. Максвел“. Съсобственик е Международният център за математически науки, който организира различни мероприятия там. На страницата ще намерите богата колекция от снимки свързани с учения и информация за историческите документи, които се съхраняват в къщата. Сканирани са части от първите статии на Максвел, първата от които е представени пред Единбургското кралско дружество два месеца преди Джеймс да навърши 15 години! От страницата може да се разбере, че в характера на гения са съществували и „фриволни черти“. Например писал е поезия, включително и на теми по физика; посетителят може да прочете първите куплети на поема със заглавие „Един

динамичен проблем“. Накрая авторите на страницата, Дж. О’Конър и Е. Робертсон, отбелязват изложбата на портрети-гравюри на знаменити физици и математици в стълбището на къщата. Много от гравюрите са от личната колекция на сър Джон Хершел, купени за музея на акцион на Сотби през 1958 година. До портрета на самия Максвел са гравирани и прочутите думи на Ричард Файнман посветени на значението електромагнитната теория. Думи, които ние всички знаем от Файнмановите лекции.

http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/HistTopics/Maxwell_House.html

Генериране на ЕМ вълни в терахерцния диапазон: От 150 години учени и инженери знаят че съществуват, а от 128 години генерират и използват с електромагнитни (ЕМ) вълни в практически всички човешки дейности. Приложения намират от най-късите гама лъчи до най-дългите радиовълни. Съществува обаче един сравнително тесен честотен диапазон, генерацията на ЕМ вълни, в който се оказва костелив орех от десетки години. Диапазонът обхваща субмилиметрови вълни с честоти от 0.8 до 4.0 терахерца (THz), който е едновременно точно под честотите достъпни за оптичните технологии и над тези за електрониката. Куриозното е, че този вид вълни съществуват в изобилие и се разпространяват в цялата Вселена но не и на Земята (земната атмосфера е непрозрачна за тях). Е добре, миналата година беше направена огромна стъпка към разрешаването на терахерцния проблем и то от две независими групи. Първата е ръководена от Джером Малони от Аризонския университет в сътрудничество с изследователи от Филипсовия университет в Марбург, Германия. Любопитно е, че Малони е професор едновременно по оптика и математика. Създадения от тях уред излъчва в тясно честотна терахерцна лента с мили вати мощност и което също е голям успех, при стайна температура. Използван е ефект от нелинейната оптика, при който когато два лъча се смесят (в случая с инфрачервена светлина) честотите им се изваждат. Устройството може веднага да се използва в астрономията предоставяйки за пръв път така необходимите осцилатори за хетеродинни приемници работещи в този диапазон. Последните се използват при изследванията на спектрите на например единично йонизирани въглерод и азот, със спектрални линии съответно 1.9 THz и 1.46 THz.

<http://desert-beam.com/2452.html>

Втората група е от JILA, Обединен институт за лабораторна астрофизика на Националния институт по стандарти и технологии на САЩ и Университета на Колорадо в Боулдер. Методиката използвана от изследователите от JILA е съвсем различна. Полупроводник с гъсто нанесени проводници се възбужда от свръхбързи лазерни импулси (70 фемтосекунди) в близката инфрачервена област. Импулсите освобождават електрони, които се ускоряват от приложеното върху полупроводника електрично поле и излъчват в терахерцния диапазон. Очаква се излъчвателят да намери непосредствено приложение в уреди за сканиране за скрити оръжия и взривни устройства.

http://www.nist.gov/pml/div689/radiation_011911.cfm

Подготвил страницата: Олег Йорданов

НАЙ-СТРАННИЙТ ЧОВЕК: Скритите страни от живота на Пол Дирак – квантовия гений

Греъм Фармело

Част II

Глава 8

“Този Дирак”, промърмори Бор, “той явно много разбира физиката, но никога нищо не казва”. Това едва ли е било новост за Ръдърфорд и той разказва на Бор историята за човека, който си купил папагал и опитал да го научи да говори, но без успех. Човекът върнал папагала в магазина и обяснил, че му е нужен папагал, който говори. Продавачът му дал друг папагал, но и този не проговорил. Тогава, продължил Ръдърфорд, човекът се върнал в магазина и ядосано казал: “Обеща ми папагал, който говори, а този не проговаря нито дума”. Продавачът замълчал за момент, а после се ударил по челото и рекъл: “О, наистина! Вие ми поискахте папагал, който говори. Моля да ме извините. Дал съм Ви папагал, който мисли”.

В Копенхаген Дирак много размишлява, главно в усамотение. Никой в института на Бор не е виждал друг като него – даже по стандартите на физиците теоретици той е твърде ексцентричен – саможив и най-доволен, когато е сам или мълчаливо слуша разговора на другите. Само при голям натиск променя бинарния си отговор “да” или “не”, заменяйки го със заключителната фраза “не възразявам”.

За Дирак институтската атмосфера на приятелство и неформалност била нещо твърде ново в сравнение с хладните формалности на Кеймбридж. Бор полагал големи грижи да поддържа тази атмосфера още от създаването на института през 1921. Разположен в северозападната покрайнина на града, институтът външно малко се различавал от околните нови сгради. Но вътре в него царяла неповторима атмосфера: почти през целия ден там е гъмжило от научни спорове – без никаква надутост, с уважение към индивидуализма, но и с поощряване на сътрудничеството; администрацията е ефикасна и без никакъв бюрократичен формализъм. Бор окуражава колегите си да се развличат заедно – да играят забавни игри, да използват библиотечните маси за пинг-понг турнири, да ходят понякога на кино и след това до късно да спорят, развеселени с някое и друго питие. Тези млади хора изковаваха квантовата физика, знаеха това и стремежът им беше всеки да остави своя трайна следа в тази история.

Бор е национален герой в Дания, макар той с нищо да не показва това. Дирак се възхищава на неговата задълбоченост и многостранност – те му показват, че човек може да е първоразряден физик и заедно с това живо да се интересува от изкуство, от борсови сделки, от психология и какво ли не още. Подобно на своя ментор Ръдърфорд, Бор притежава чудовищно мощна интуиция за механизмите на природата и истински

талант да извлече най-доброто, на което са способни младите му колеги. Когато пристигаше нов гост на института, Бор го взимаше на разходка в близката брезава гора и в разговор с новия колега “му взимаше мярката”, а заедно с това го запознаваше със своя нематематичен подход към физиката. Повечето млади физици бяха под магнетичното влияние на Бор, така както той беше омагьосан от личността на Ръдърфорд.

Бор и неговата царствена съпруга Маргрет ръководеха живота в института подобно на управители на общежитие и правеха всичко възможно гостите им да се чувстват като у дома си. По-голямата част от деня си Бор прекарваше в практикуване на изкуството едновременно да пали лулата си и да говори с колегите си, поотделно или на групи, и да ги окуражава, анализирайки всяка тяхна идея. Любезен до крайност, неговата любима фраза при всеки кръстосан разпит на младия събеседник беше: “Не критикувам, а само се мъча да разбера”. Бор беше Сократ на атомната физика и той превърна Копенхаген в нейната Атина.

Дирак е настанен в общежитие в сърцето на града. Както по-рано в Бристол и в Кеймбридж, той следва своя строга програма: всеки ден с изключение на неделя изминава пеша за половин час пътя до института, покрай изкуствените езера с патици и лебеди, а за обяд се връща в общежитието. Неделно време прави дълги разходки в околните гори или по крайбрежието в северната част на града, обикновено сам, но понякога съпровождан от колеги или от Бор. Измежду новите колеги бързо се сближава с Хайзенберг – така приятелски настроен, както и в писмата, – но очевидно не и с Паули. При цялата си огромна талантливост Паули не е най-ласкавият човек във физиката: обича звука на своя глас и често упражнява словесно насилие даже над приятелите си, макар да е широко уважаван даже от жертвите на това насилие заради безупречната му откровеност и безпристрастност. Паули често казва на приятеля си Хайзенберг: “Ти си кръгъл глупак”, но по-късно Хайзенберг ще казва, че това го е амбицирало да вдига още по-високо летвата. Това обаче не е по вкуса на Дирак, който обикновено дава да се разбере, че няма никакво желание да разговаря.

Най-труден за квантовите теоретици е проблемът: какъв е смисълът на символите в техните уравнения? През лятото Макс Борн в Гьотинген е предложил интерпретация на Шрьодингеровите вълни, като се отказва от класическия принцип, че бъдещото състояние на всяка частица може, по принцип, винаги да бъде предсказано. Според Борн при разсейване на електрон не е възможно точно да се предскаже какво ще бъде неговото отклонение, но е възможно да се узнае само *вероятността* електронът да бъде разсеян на някакъв ъгъл. Това го води до заключението, че когато дадена вълна описва електрон, вероятността той да бъде наблюдаван в някаква малка област следва от просто изчисление, при което “големината” на вълната в тази област се умножава сама на себе си. Борн смята, че вълната е фиктивна математическа величина, която позволява да се предскаже какво по всяка вероятност ще бъде поведението на частицата. Това е драматичен пробив в механистичната определеност на Нютоновата картина на вселената, с което се поставя край на многовековното убеждение, че бъдещето се съдържа в миналото. Други, включително и Дирак, са имали същата идея, но Борн

първ я публикува, макар че отначало даже той като че ли не съвсем разбира нейното значение: в статията си той споменава за своята идея само в бележка под линия.

Квантовите вероятности на Борн, както изглежда, не са били новост за никого в института, а най-малко за Бор, който казва: “Никога не сме сънували, че би могло да бъде другояче”, макар че нито той, нито някой от колегите му е сметнал за нужно да публикува идеята. Но какъвто и да е бил първоизточникът на вероятностната интерпретация на квантовата механика, през есента на 1926 всички в общността на физиците говорят за нея, така че това е една от темите на “диалога” Бор – Дирак. Само седмици преди пристигането на Дирак гост на института е бил Шрьодингер, който е дал ясно да се разбере, че за него интерпретацията на Борн за квантовите вълни, както и представата за квантов скок, е направо отблъскваща (въпреки упоритите опити на Бор да го убеди в обратното).

“Бор разглежда математиката, както Дирак разглежда думите – именно като начин да бъде разбираем за другите хора” – казвал Опенхаймер. Едва ли е можело да се очаква, че между тях ще възникне сътрудничество. Това става ясно още в началото на пребиваването на Дирак, когато Бор го извиква в кабинета си, за да му помогне в писането на статия. Това е обичайната практика на Бор: да използва някой от младите колеги като свой писар. Единствената награда за това е честта да си бил избран и да бъдеш поканен на обяд със семейство Бор в техния апартамент. Но този процес си имал своите неудобства: едва дадено изречение излизало от устата на Бор и той вече бързал да го промени или да го замени с друго и да потърси други думи, които по-добре биха изразили мисълта. Този мъчителен процес на диктуване продължавал до безкрай и почти никога не стигал до желания завършек. Дирак имал да върши подобри неща, вместо да губи часове в разплитане на недовършените фрази на Бор и сглобяването им до проза с образцова яснота. “В училището” – съобщил Дирак, скоро след като започнала първата сесия с Бор, – “мен винаги ме учеха да не започвам едно изречение, без да знам как ще го завърша.” Неговото назначение като писар на Бор продължило около половин час.

Подобно на известния датски философ от 19 в., Сьорен Киркегаарт, Дирак прави дълги самотни разходки, за които също като Киркегаарт би могъл да каже: “С ходене съм стигал до най-добрите си идеи”. Една такава идея е тази за връзката между Хайзенберговата и Шрьодингеровата версия на квантовата теория. Макар да водят до едни и същи резултати, те изглеждат така различни както японският и английският език. Дирак открива правилата, по които тези два езика да се превеждат един на друг. Така постига по-ясно разбиране за уравнението на Шрьодингер. Оказва се, че вълните на Шрьодингер съвсем не са така мистериозни, както отначало са изглеждали, а просто представляват математически величини, позволяващи описанието на микрочастицата посредством нейната енергия да бъде преведено в описание, основано на възможните стойности на нейното положение. Теорията на Дирак разяснява също Борновата интерпретация на Шрьодингеровите вълни и показва как може да се изчисли вероятността за

регистриране на една микрочастица. Тогава той започва да осъзнава, че знанието на експериментатора относно поведението на микрочастицата трябва да бъде ограничено. По този повод пише: “Не е възможно да се отговори на нито един въпрос, отнасящ се до числените стойности едновременно на положението и на импулса на кванта”, при което загадъчно прибавя, че би могло да се очаква да имаме възможност да отговаряме на въпроси, свързани само с една от тези величини. Той е на един косъм от откриването на най-известния принцип на квантовата механика – принципа на неопределеността, – който скоро ще бъде измъкнат изпод носа му от Хайзенберг.



В процеса на работата си върху теорията Дирак въвежда нов математически обект, който би изглеждал безсмислен в обичайната математика. Това е т.нар. делта-функция, която прилича на извънредно тънка вертикална игла. Далеч от нейната основа стойността на делта-функцията е нула, но нейната височина е такава, че площта, заградена между периметъра ѝ и основата, е точно равна на единица. Дирак знае, но не се тревожи много от това, че чистите математици биха гледали на тази функция като на някакъв абсурд, тъй като тя не съответства на правилата на обичайната математическа логика. Едва през 1940-те години математиците възприемат тази функция като твърде важно понятие.

В интервю от 1963 Дирак отбелязва, че именно изучаването на инженерни дисциплини го е довело до неговата нова функция:

“Мисля, че този вид обучение първо ми подсказа идеята за делта-функцията, защото при инженерните конструкции често имаме било разпределен товар, било концентриран в една точка товар. Именно идеята да се обединят тези две неща ме доведе до делта-функцията”.

Тук Дирак навярно греши в спомените си. Твърде възможно е той за пръв път да е срещнал делта-функцията при Хевисайд, който с присъщата си дързост въвежда тази функция в една от книгите си. В днешно време функцията се свързва с името на Дирак, но не той я открива пръв – най-вероятно тя е въведена през 1822 от любимия на Хевисайд френски математик Жозеф Фурие, макар че по-късно и други са я открили независимо от Фурие.

Бор бил безразличен към математическата строгост, така че той едва ли се е смутил

от делта-функцията, когато е прочел ръкописа на Дирак – в съответствие с правилото Бор да одобрява всяка статия, предлагана от неговия институт. По-скоро друга е причината Бор и Дирак да влязат в спор. Бор се вглежда във всяка дума и многократно внася изменения. За Дирак думите имат за цел да изразят неговите мисли възможно най-ясно и след като веднъж е намерил правилните думи, не виждал нужда да ги променя. Тук той вероятно би се съгласил с Т.С.Елиот¹: “Значението е такова, каквото е изразено, и ако бях искал да го кажа по друг начин, бих го изразил с други думи”.

Дирак си е поставил за цел да разкрие връзката между теорията на Хайзенберг и тази на Шрьодингер. Това е успех на неговия метод за развиване на квантовата механика по аналогия с класическата механика на Хамилтън.

Но ако се е надявал, че с тази статия ще се наложи като първооткривател, той скоро е трябвало да се разочарова. Късно есента, когато още не е получил коректурите от статията си, Дирак научава, че Паскуал Йордан е решил точно същия проблем. Макар подходът и изложението на Дирак да са по-ясни и по-удобни за прилагане, двете статии обхващат практически един и същ кръг от въпроси и стигат до еднакви заключения.

Друга идея на Дирак, дошла му като гръм от ясно небе в Копенхаген, в днешно време съставя есенцията на всички съвременни описания на основните съставлящи на вселената. Те са основани върху възникналата през 19 в. идея за “поле”, която заменя схващането на Нютон, че основните частици на природата се движат под действието на сили, упражнявани от други подобни частици и то на много големи разстояния. Теорията на Максвел за електромагнетизма и Айнщайновата теория на гравитацията са примери за класически “теории на полето”: всяка от тях описва поле, което се мени плавно в пространството и времето, без да става дума за отделни кванти. А според квантовата теория вселената по същество е зърнеста – в крайна сметка тя е изградена от елементарни частици, каквито са електроните и фотоните.

Дирак си поставя за цел да намери квантовата версия на класическия електромагнетизъм на Максвел. Как е стигнал до решението на този проблем – това е до голяма степен загадка. Макар по всяка вероятност да е знаел за първите стъпки, направени няколко месеца преди това от Йордан, Дирак по-късно казва, че идеята му идва, когато си играе с вълните на Шрьодингер като с математически играчки и се опитва да разбере какво ще стане, ако те се държат не като обикновени числа, а като *некомутиращи* величини. Отговорът открива нов път към описанието на квантовия свят.

Дирак разкрива начин за математическо описване на излъчването и поглъщането на фотони – твърде обичайни процеси, протичащи непрекъснато в звездната вселена и тук на Земята – всеки път, когато включваме осветително тяло или палим свещ, както и при превръщането на слънчевата светлина в животворна енергия. Тези процеси на излъчване и поглъщане на фотоните не могат да бъдат обяснени от класическата теория на Максвел. Но и обикновената квантова механика няма какво да каже относно процесите на излъчване и поглъщане. Дирак успява да покаже, че тези процеси могат да се опишат математически с помощта на оператори на раждане и унищожение.

В тази картина, намираща се в сърцевината на съвременната квантова теория на полето, електромагнитното поле прониква в цялата вселена. Раждането на всеки един фотон представлява просто възбуждане на това поле в определено място и време под действието на оператора на раждане. По същия начин унищожението на един фотон е премахване на възбуждането на полето под действието на оператора на унищожение.

Със своята теория Дирак поставя край на привидния конфликт между двете теории на светлината: вълновата теория обяснява разпространението на светлината, а с теорията на частиците се обясняват взаимодействията ѝ с веществото. Новата теория преодолява трудността на избора между вълновото и корпускулярното описания и заменя двете остро контрастиращи картини с единна, обединена теория.

В статията си Дирак прилага своята теория и сравнява получените резултати с успешните предсказания, направени от Айнщайн едно десетилетие по-рано, през 1916. Айнщайн беше използвал старите квантови идеи, за да изчисли интензитета на излъчваната и поглъщаната от атомите светлина. Получените от него формули описват успешно тези процеси. Въпросът, на който Дирак трябваше да отговори, беше: съгласува ли се новата теория с тази на Айнщайн?

Айнщайновата теория обяснява взаимодействието на светлината с веществото посредством три фундаментални процеса. Два от тях са твърде познати: излъчване и поглъщане на фотон от атом. Но Айнщайн също предсказва и един непознат дотогава начин “да се накара” атомът да прескочи от едно енергетично ниво на друго по-ниско, като се стимулира с помощта на друг фотон, чиято енергия е точно равна на разликата между двете енергетични нива. Резултат от този процес на “стимулирано излъчване” е, че от атома възникват два фотона – първоначалният и още един, който се излъчва при прескачането на атома на по-ниско енергетично ниво. Този процес протича във вездесъщия лазер – най-разпространеното технологично приложение на Айнщайновата наука. Теорията на Дирак води точно до същите формули като Айнщайновите и заедно с това има допълнителните предимства, че е по-обща и математически последователна.

В края на януари, докато се готви да напусне Копенхаген, Дирак праща по пощата статията си на Кралското общество. В нея той пръв въвежда математическото описание на раждане и унищожение в квантовата теория, макар че неговите резултати вече са получени независимо от Джон Слейтър, ученик на Фаулър в Кеймбридж. Слейтър е един от мнозината, които ценят високо резултатите на Дирак, но заедно с това смята, че в тях има прекалено много ненужен математически формализъм.

Пребиваването на Дирак в Копенхаген безусловно е много успешно. Създадените там две негови теории го извеждат в първата редица на водещите учени. Макар да си остава все същият пословичен индивидуалист, той вече се научава да цени различните подходи към проблемите и ползата от колегиалната критика. Освен самия Бор, друг критик, когото той високо цени, е Паул Еренфест – темпераментен и неспокоен теоретик от Лайденския университет в Холандия. Еренфест бързо се сближава с Дирак,

който е почти двойно по-млад. Първоначално ги сближава еднаквата им нетърпимост към алкохола и пушенето. Еренфест мразел пушенето отчасти заради твърде силното си обоняние. Жертва на последното станал холандският студент-дипломант Хендрик Казимир. Скоро след като пристигнал в Лайден, Казимир отишъл да се подстриже преди срещата си с Еренфест. За беда Еренфест веднага подушил мириса на бръснарския одеколон и това толкова го раздразнило, че той се развикал: “Тук няма да търпя никакъв парфюм. Вървете си, напуснете, марш оттук”. След няколко дена Казимир е изгонен от университета.

Семинарите били стихията на Еренфест. Без да се смущава, че може да стане смешен, той прекъсва докладчиците любезно, но непрестанно, искайки да получи разяснение по всеки въпрос. Когато за пръв път се срещнал с Дирак, той не се чувствал много уверено в квантовата механика и заедно с това бил притеснен от факта, че неговият близък приятел Айнщайн не се съгласява с централната роля, която вероятността играе в квантовата теория. Айнщайн пръв посочва, че когато атомът прескача спонтанно към по-ниско енергетично ниво, квантовата теория не може да предскаже нито посоката на излъчения фотон, нито точния момент на излъчването. Това се отнася както до обичайната квантова механика, така и до Дираковата нова квантовополева теория. Айнщайн бил убеден, че една добра теория трябва да предсказва нещо повече, а не просто вероятности. “Господ не играе на зарове” – ще напише той на Макс Борн. Дирак смята, че неговият кумир прекалено много се тревожи относно философските аспекти на квантовата механика. За Дирак, който остава верен на своето математическо и инженерно образование, важно е единствено теорията да обяснява логично и точно резултатите от експеримента.

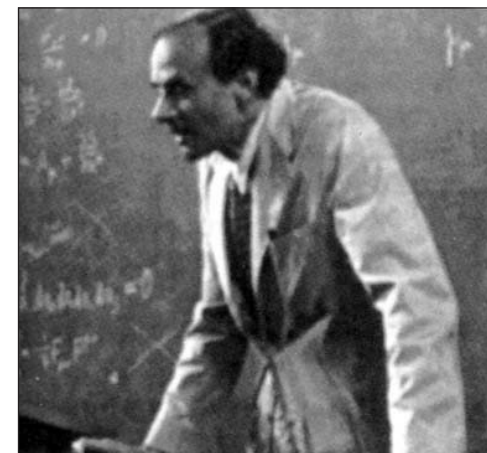
Глава 9

В Гьотинген Дирак завръзва още едно от своите невероятни приятелства. Този път с Робърт Опенхаймер, който е напуснал Кеймбридж и разцъфтява в Отдела по теоретична физика на Макс Борн в качеството си на рядко способен, много самонадеян и твърде надменен аспирант. Подобно на интелектуален паун, той старателно внушава на колегите си, че неговите интереси надхвърлят физиката – безразборното му четене включвало автори като Ф. Скот Фицджералд, А.П. Чехов и Ф. Хьолдерлин. Той също съчинявал стихове – хоби, което озадачавало Дирак. “Не разбирам как можеш да се занимаваш с физика и заедно с това да пишеш поезия” – казал той по време на една от разходките им. “В науката човек иска да каже нещо, което допреди никой не е знаел, с думи, които всеки може да разбере. В поезията ти се стремиш да кажеш нещо, което на всички е вече известно, но с думи, които никой не може да разбере”. Опенхаймер обичал често да разказва този анекдот по време на коктейли.

Дирак съблюдавал обичайните часове за работа, докато Опенхаймер бил нощна птица, така че двамата млади мъже рядко можели да се виждат. Двамата живеели на квартира в обширна сграда, превърната в пансион от собственика.

Макс Борн бил сдържан, но все пак по-гостоприемен от другите професори. Той

култивирал дух на конкуренция, но се отнасял с внимание към нуждите на най-надарените си ученици. Дирак и Опетхаймер били между многото от онези, които Борн канил в своята вила, в покрайнините на града. Да си поканен там винаги било удоволствие: обядът бил последван от приятен разговор и концерт в просторния хол, където на един от двата рояла Хайзенберг, близък приятел на семейството, при всяка възможност демонстрирал клавиричното си майсторство с темпераментни интерпретации на Бетовен, Моцарт и Хайдн.



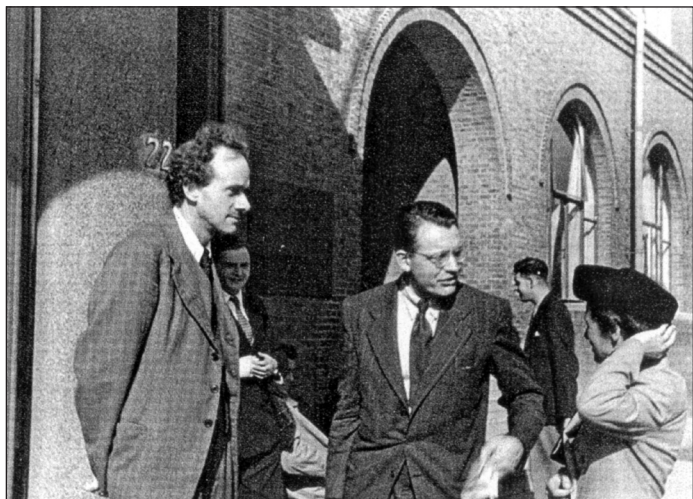
Подобно на Кеймбридж, Гьотинген бил спокоен академичен град, в който доминирали нуждите и капризите на неговите преподаватели и студенти, а най-високо се ценяло интелектуалното старшинство. Най-почитани граждани били професорите, между които блестял Давид Хилберт – шестдесет и тригодишният най-виден жив математик.

Гьотинген давал на Дирак всичко, което той би желал – голям университет с физически факултет на световно ниво и удобен пансион, разположен близо до покрайнините, където той би могъл да се усамоти. Гьотинген бил немският Кеймбридж – но с хълмове.

В началото на февруари 1927, когато Дирак пристига в Гьотинген, Опенхаймер завършва своята PhD дисертация върху квантова механика на молекулите и интересите му са в посоката, открита от Дирак. Годици по-късно той ще отбележи, че “вероятно най-възбуждащото време в живота ми беше, когато Дирак пристигна [в Гьотинген] и ми даде коректурите на статията си върху квантова теория на излъчването.”

Между колегите на Опенхаймер е Паскуал Йордан, роден няколко седмици след Дирак и най-младият от квантовите новатори. За този динамичен, напрегнат и потаен младеж с очи скрити зад очила с дебели лещи Опенхаймер ще отбележи, че странностите му вероятно са станали причина той да бъде подценяван. Освен склонността си към маниерничене и стигащи до грубост обноски Йордан заеквал така силно, че било мъчително трудно да се разговаря с него.

До Берлин стигнала мълвата, че Дирак е труден човек, а статиите му са неразбираеми. Унгарският теоретик Йено (по-късно Юджийн) Уигнър след време ще каже, че неговите германски колеги са се отнасяли с подозрение към “чудатия млад англичанин, който решава [физически проблеми] на свой собствен език”. Англичаните са известни със своята резервираност, но за немците Дираковата студенина била нещо невиджано. Борн бил един от малцината немци, които се отнасяли топло към Дирак, но даже той се затруднявал да разбере новата му полева теория и очевидно я смятал за маловажна. Тази липса на проникателност притеснява Йордан, който сам започнал да развива идеи в полевата теория, подобни на Дираковите, но се натъкнал на същото безразличие. Би



било любопитно какво биха постигнали съвместно Дирак и Йордан в квантовата теория на полето, но Дирак не се интересувал от сътрудничество. Той използва полевата теория, за да разбере какво се случва, когато светлината се разсейва от атом. И получава озадачаващи резултати: при разсейването фотонът преминава през някакви странни ненаблюдавани енергетични състояния и при тези междинни процеси

като че ли се нарушава свещеният закон за запазване на енергията. На всичко отгоре вероятността след даден интервал да бъде излъчен фотон не е число между нула и единица, а клони към безкрайност. Дирак е убеден, че е въпрос на изчислителна грешка в прилагането на теорията. Но нещата се оказват по-сериозни.

Междувременно споровете около интерпретацията на квантовата теория се засилват – особено в Копенхаген, където Хайзенберг се мъчи да разбере теоретичните граници на онова, което може да се узнае за кванта. Постига блестящ успех със своя принцип на неопределеността. Изхожда от убеждението, че правилният начин да се разсъждава за квантовия свят е в термините на частици, докато популярните вълнови идеи са само по удобни заместители. Ядрото на Хайзенберговия принцип на неопределеността е в твърдението, че знанието на експериментатора за положението на кванта ограничава онова, което в същия момент може да се знае за неговата скорост. Колкото по-точно е известно положението му, толкова по-малко се знае за неговата скорост. Например, ако експериментаторът знае напълно точно положението на електрона, тогава той не може да знае нищо за неговата скорост в същия този момент; от друга страна, ако е известна точната стойност на скоростта на електрона, тогава нищо няма да се знае за неговото положение. Колкото и свършена да е апаратурата, колкото изобретателен да е експериментаторът, този принцип налага фундаментални ограничения върху знанието. Принципетно обаче няма практически никакво значение за телата от нашето ежедневие.

В статията си Хайзенберг обяснява своя принцип, като обяснява какво става, когато експериментаторът използва фотон, за да изследва поведението на електрон: самият акт на наблюдението смущава електрона. Анализът на този мисловен експеримент довежда Хайзенберг до математически израз, който представя принципа в най-сбита форма. За математическия извод на този израз Хайзенберг използва две от

нововъведенията на Дирак: теорията на трансформациите и съотношението между некомутиращите положение и импулс.

Дирак вероятно е размишлявал върху този принцип по време на разходките си в околностите на Гьотинген. Той не бил особено впечатлен от откритието на Хайзенберг, за което по-късно ще отбележи: “Хората са склонни да смятат, че [принципът на неопределеността] е крайъгълен камък на квантовата механика. Но това не е така, защото имаме не точно уравнение, а само твърдение относно неопределености”. Също така хладен е Дирак няколко месеца по-късно, когато Бор формулира своя принцип на допълнителността, който очевидно е свързан с Хайзенберговия принцип. Идеята на Бор е, че в квантовата физика трябва да се приеме, че пълната картина на субатомните събития винаги включва описания, които изглеждат несъвместими, но в действителност са допълнителни – нужни са както вълновата, така и корпускуларната картини. Според Бор това е в съответствие с древната философска традиция, в която за постигане на истината са нужни допълващи се понятия, каквито са например разум и чувство, анализ и интуиция, новаторство и традиция.

За Бор този принцип бил фундаментален и той дотолкова бил убеден в това, че през 1947 го избира за основа на своя герб. Изобразен е китайският символ ин и ян, който представя двата противоположни, но неделими природни елемента, а латинският текст отдолу гласи: “противоположностите се допълват”. Мнозина физици смятали, че Бор е открил голяма истина, но Дирак отново е равнодушен: принципът “винаги ми изглеждаше доста мъглав”, ще каже той по-късно. “Това не беше нещо, което можеш да формулираш с уравнение”.

Глава 10

През октомври 1927 Дирак се завръща в Кеймбридж и възобновява приятелските си връзки в “Св. Джон” и “Тринити”. Приятелят му Капица неотдавна се е оженил. Неговата нова съпруга е емигриралата руска артистка Ана Крилова – тъмнокоса красавица, която Капица неизвестно защо нарича “Плъхчо” и смущава театралната публика в Кеймбридж, когато го чуват в залата да я нарича така. Дватамата с Капица разкрояват построената специално за тях къща в близост до центъра на града, като я допълват с огромна градина в задния двор и със студио за нея в мансардата. По-късно тази къща ще се превърне почти във втори дом за Дирак в Кеймбридж, но в ранната есен на 1927 той работи упорито над проекта, с който цели да обедини квантовата теория и Айнщайновата специална теория на относителността в най-простия случай: да се опише поведението на единичен изолиран електрон. Квантовите теории на Хайзенберг и Шрьодингер не подхождат за тази цел, тъй като те не се съгласуват със специалната теория на относителността: наблюдателите, движещи се с различни скорости един спрямо друг, ще трябва да ползват различни уравнения.

Дирак работи върху този проблем през първите шест седмици на учебния срок, но не постига успех. В края на октомври за пръв път се откъсва от тази работа, когато е поканен на международната Солвеевска конференция в Брюксел. В тези конферен-

ции, финансирани от белгийския индустриалец Ернест Солвей, се участва само по покана, като целта им е да събират веднъж годишно около двадесет от най-изтъкнатите световни физици, които да обсъждат проблемите на квантовата теория. Най-младата звезда на първата конференция през 1911 е бил Алберт Айнщайн, който бързо разкрива предразсъдъците на по-възрастните и по-консервативни умове. През 1927 Айнщайн е некоронованият крал на физиката. Навлизайки в средна възраст, той прокарва своя собствена бразда, като търси обединена теория на гравитацията и електромагнетизма, без да приема, че квантовата механика е правилна. Сега вече Айнщайн е този, който изглежда по-консервативен и назадничав.

Конференцията се превръща в жалон на физиката – тя е мястото, където Айнщайн за пръв път публично формулира недоволството си от квантовата механика, но не успява да разклати увереността на Бор и неговите по-млади колеги. В епицентъра на споровете за квантовата теория е Хайзенберговият принцип на неопределеността, който Бор успешно защитава от непрестанните атаки на Айнщайн. Повечето техни колеги са увлечени от тези спорове, но Дирак е само безучастен зрител.

Дирак и Айнщайн са два противоположни полюса, а и никой от тях не се чувства удобно да разговаря на езика на другия. Дирак е с двадесет и три години по-млад и неговата обичайна стеснителност го прави още по-сдържан. Но вероятно основната причина те да не влязат в диалог е различният им подход към науката, който отчасти е основан на контрастиращите им философски възгледи. Двамата са съгласни, че основна цел на науката е да се обясняват колкото може *повече* явления с помощта на колкото може *по-малко* теории – възглед, който те са възприели от труда на Мил “Система на логиката.” Но, докато Айнщайн остава с интересите си към философията, за Дирак това е загуба на време. Онова, което взима от Мил и което е усилено от инженерното му образование, е утилитарният подход към науката: съществува ли въпрос относно една теория не е “Съответства ли тя на моите очаквания относно поведението на света?”, а “Работи ли тя?”.

На конференцията Дирак за пръв път се произнася по въпроси извън физиката – религия и политика. Близко четири десетилетия по-късно Хайзенберг ще опише случката, която става една вечер във фойето на хотела, където неколцина от по-младите физици пушат, излягайки се в креслата. Хайзенберг пише: Дирак беше много млад и в известен смисъл беше увлечен от комунистическите идеи, което, разбира се, беше напълно нормално за времето си”. Най-жив спомен е оставила в паметта на Хайзенберг една тирада на Дирак относно религията, провокирана от коментар относно навика на Айнщайн да се позовава на Бог в дискусиите върху фундаменталната физика. Според Хайзенберг по мнението на Дирак религията е просто “смесица от лъжливи твърдения, нямащи никакви реални основания. Самата идея за Господ е плод на човешкото въображение.” За Дирак “постулатът за Всемогъщ Господ е ненужен и безполезен, проповядван само “защото някои от нас искат да държат по-нисшите класи в подчинение”. Дирак ненавижда “по принцип религиозните митове” и вярва, че начинът да се определи какво е правилно, е “то да се изведе единствено по пътя на логиката, изхождайки от положение,

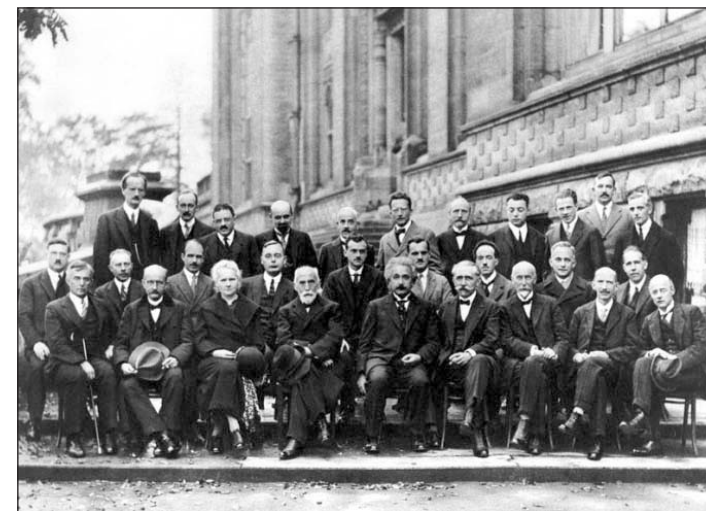
нието, в което се намирам: живея в едно общество с други хора и на тях трябва да им принадлежат същите права, каквито аз искам за себе си. Затова е нужно справедливо равенство.”

По време на тази реч на Дирак против религията, Паули остава нехарактерно мълчалив. Когато го запитват какво мисли по въпроса, той отговаря: “А, нашият приятел Дирак също има своя религия, а нейният ръководен принцип гласи: ‘Няма Господ и Дирак е неговият пророк’.

Това била известна шега, но всички се засмели, включително и Дирак. Възгледите, изразени с нетипична за него откровеност, са в пълно съответствие с разбиранията на Капица и не биха срещнали съпротива сред никой от интелектуалците, флиртуващи с болшеvizма. Макар Дирак никога да не е изразявал своите политически възгледи в писмен вид, от неговите действия през настъпващото десетилетие става ясно какви са били неговите политически симпатии.

На Солвеевската конференция Дирак докладва своята нова полева теория на светлината. След това научава, че неговата идея е развита по начин, който той лесно би предвидил. Паскуал Йордан, в сътрудничество с Юджийн Уигнър, е развил полева теория на електрона, която допълва Дираковата теория на фотона. Макар математиката на Йордан и Уигнър да е подобна на Дираковата, тяхната теория не се харесва на Дирак, който не вижда как техните символи биха съответствали на нещата в природата. Тяхната работа му изглежда като упражнение по алгебра, при все че по-късно разбира, че е грешал; грешката му се дължи на неговия подход към теоретичната физика, който ‘по същината си е геометричен, а не алгебричен’ – ако не може да си представи теоретичните резултати, той е склонен да пренебрегне теорията.

Това не е единствената изненада, получена от Дирак в лекционната зала. Малко преди началото на доклада Бор запитва Дирак върху какво работи в момента. Когато Дирак му отговаря, че опитва да намери релативистка квантова теория на електрона, Бор е стъписан: “Но Клайн вече е решил този проблем”, казва той, говорейки за шведския теоретик Оскар Клайн. Преди Дирак да е отговорил, заседанието започва, така че повдигнатият въпрос остава, без те да могат да го обсъдят по-нататък. Минават три месеца, преди Бор да осъзнае грешката си, след като се запознава с удивителното Дираково решение на проблема.



Участниците в петата Солвеева конференция 1927 г.

Глава 11

На 9 ноември 1927 Дирак става един от тримата нови академични членове на колежа “Св.Джон”. По традиция това е отбелязано с богат обяд и много тостове. За него избилното меню е по-скоро изпитание, но удобствата на полагащия му се вече самостоятелен апартамент с денонощното обслужване и спокойствието за работа му създават условията, при които той прави най-значителния си принос в науката.

Пред него стои едно единствено предизвикателство: да намери релятивисткото уравнение, което описва електрона. Той вярва, че електронът е ‘точкова частица’, но подобно на другите теоретици не може да разбере защо има не едно, а две състояния на спина. Няколко други физици са предложили кандидати за уравнения, но всички те изглеждат изкуствени и не са особено полезни. Дирак не е доволен от нито едно от тях, включително уравнението на Клайн, за което Бор е сметнал, че решава проблема. Дирак е уверен, че теорията на Клайн е грешна, доколкото тя по абсурден начин предсказва, че вероятността електронът да бъде регистриран в една малка област на пространство-времето понякога се оказва *по-малка* от нула.

Дирак знае, че не е възможно уравнението да се изведе от първи принципи и че той ще може да го открие само посредством щастливо хрумване. Той обаче би могъл да стесни възможностите, като изясни кои характеристики уравнението *трябва* да притежава, а кои би било *желателно* да притежава. Вместо да си играе със съществувачи уравнения, той се опитва да намери най-общите принципи на търсената теория, преди да придаде математически израз на идеите си. Първото изискване е уравнението да съответства на Айнщайновата специална теория на относителността, в която пространството и времето са равноправни. Второ, уравнението трябва да е в съгласие с любимата му трансформационна теория. Най-после, когато уравнението описва електрон, движещ се бавно в сравнение със скоростта на светлината, получаваните предсказания трябва да бъдат извънредно близки до тези, които дава обичайната квантова механика, вече доказала своята валидност.

Макар това да са полезни ограничения, все още остава много пространство за маневриране. Нужна е интуиция, за да се ограничи то още повече. Приема, че енергията и импулсът на електрона трябва да участват в прост явен вид и заедно с това се обръща към матриците, които той и Паули, независимо един от друг, установиха, че описват спина на електрона. Пробва едно след друго различни уравнения и ги отхвърля, ако не удовлетворяват приетите от него теоретични принципи или експерименталните факти. Едва в началото на декември 1927 попада на уравнение, което се съгласува с квантовата механика и с относителността. Уравнението не прилича на нито едно, което теоретиците са виждали по-рано. То описва електрона не като Шрьодингерова вълна, а с един нов вид вълна, която се състои от *четири* взаимно свързани части. Макар уравнението да притежава забележително изящество, то не би струвало пукната пара, ако не се отнася до реалните електрони. Например какво би могло да ни каже уравнението относно спина на електрона и относно неговото магнитно поле? Със само

няколко страници пресмятания Дирак се убеждава, че неговото уравнение описва не само частица с масата на електрона, но и точно със спина и магнитното поле, измерени експериментално. Нещо повече, уравнението показва, че ако спинът и магнетизмът на електрона не бяха открити експериментално, те щяха да бъдат *предсказани* теоретично въз основа на относителността и квантовата механика.

Уравнението на Дирак е универсално и заедно с това фундаментално просто. То, по думите на Ф. Уилчек, е “ослепително красиво”. Близко 70 г. по-късно то ще бъде гравирано върху паметната плоча на Дирак: $i\gamma.\partial\phi = m\phi$. Разписано подробно във вида, който Дирак първоначално го записва, уравнението изглежда плашещо даже за теоретиците. Но за самия Дирак важното е, че то се базира върху здрави принципи и че работи. При все това, години по-късно той ще признае, че го е преследвала мисълта за голямата трагедия на науката, която Томас Хъксли² (1870) описва като “убийството на една красива теория от един грозен факт”. Затова се бои да направи решаващи съпоставки на изводите от уравнението с експериментални наблюдения – например за енергетичните нива на атомния водород.

Фаулър праща в Кралското общество статията на Дирак ‘Квантова теория на електрона’ в новогодишния ден на 1928. Когато уравнението се появява в отпечатаната статия към началото на февруари, ефектът сред теоретиците е сензационен: “трудно е да си представим, че някой друг би помислил за това уравнение” – пише харвардският теоретик Ван Флек. Дори Хайзенберг е поразен от това постижение на Дирак: “толкова е проницателен, че не си струва да се състезаваш с него”. Заедно с това обаче Хайзенберг, наред с много други, отбелязва, че уравнението води до едно странно предсказание относно стойностите на енергията, която електронът може да има.

Проблемът е, че уравнението предсказва не само положителни енергетични нива на електрона, но също така *отрицателни* енергии за свободния електрон. В класическата физика отрицателните енергии могат да се изключат като безсмислени, но това не става в квантовата механика, според която електрон с положителна енергия винаги може да прескочи в едно от нивата с отрицателна енергия.

Никой не беше наблюдавал такъв прескок, така че уравнението на Дирак беше пред сериозна заплаха.

Семейството на Дирак не знаеше нищо за неговото уравнение. През април 1928 Чарлз прочита анонимна статия в *The Times* за квантовата физика и настоява синът му да му обясни някои неща за новата физика. Най-вероятно се е натъкнал на обичайното поклащане на глава и обезкуражаващата бележка, че новата квантова теория е “изградена върху физически представи, които изобщо не могат да бъдат обяснени словесно”. Дирак винаги е отказвал да предлага нагледни образи за квантовия свят: “Да се опише този свят нагледно е все едно слепец да се опита да разбере снежинката чрез опипване. Един допир и тя е изчезнала” – ще казва Дирак по-късно.

Някои от колегите на Дирак започват да говорят за него като за наследника на Нютон. Той наистина като че ли наподобявал Нютон и по това, че не се интересувал от романтични връзки с жени. Много от колегите му мислели, че той се бои от жени на неговата възраст и че вероятно никога няма да се ожени. Той обаче е имал близка връзка с една жена – петдесет и шестгодишната майка на неговия приятел Хенри Уайтхед, талантлив математик от Оксфордския университет. Изабел Уайтхед, едра и властна шотландка, била съпруга на Преподобния Хенри Уайтхед, бивш епископ на Мадрас в Индия. Изабел и Хенри завършили математика в Оксфорд, но рядко говорили с Дирак за наука, а повече го занимавали с други неща – особено с разговори за крикет или за приключенията им в Индия и за това как Ганди прекарал една седмица в техния дом. От кореспонденцията на г-жа Уайтхед с Дирак става ясно, че тя често оспорвала неговия атеизъм и че той е доверявал на нея своите най-съкровени мисли относно семейството си. Домът на семейство Уайтхед станал любимо място за прекарване на празничните дни, а г-жа Уайтхед станала негова втора майка, от която той получавал не само поддръжка и обич, но най-вече интелектуален стимул.

През ранната пролет на 1928 Дирак планира следващото си пътуване. Неговият шестмесечен маршрут започва с Копенхаген при Бор, минава през Лайден на Еренфест, после през Лайпциг на Хайзенберг и през Гьотинген на Борн, за да стигне до първото посещение на Дирак в Сталиновия Съюз на Съветските Социалистически Републики. Той е чувал много за тази страна, но ето че сега ще може да съди за нея по собствените си впечатления.

Глава 12

При цялата си възискателност и импулсивност Пол Еренфест бил очарователен и щедър домакин. През април 1928, след като разбира, че няма да може лично да посрещне Дирак на гарата на Лайден, Еренфест нарежда на асистентите си да чакат пред всеки един от вагоните на пристигащия влак и тъй като никой от тях не знаел как изглежда Дирак, всеки трябвало да размахва отпечатък от статията “Квантова теория на електрона”. Планът успял.

Сред посрещачите на Дирак бил Игор Там, тридесет и двегодишен съветски теоретик, който скоро станал един от най-близките му компаньони. Подвижен като живак, той още преди университета, през 1915, става член на Руската социал-демократическа работническа партия и, докато учи в Москва, Киев и Одеса, сътрудничи активно на болшевиките. Но техният фанатизъм го отблъсква, когато през лятото на 1918 обявяват всички политически партии за нелегални. Заема се с изучаване на квантова механика. През 1927 пристига в Лайден. През 1928 се запалва от уравнението на Дирак и търси среща с неговия автор. Дватама мъже бързо се сближават, обичат дългите разходки извън града, обичат планинарството. Понякога Дирак говори за физика. Ерудицията му така впечатлила Там, че той писал на жена си: “До него се чувствам като малко дете”.

През юни 1928 Дирак и Там заминават за Лайпциг на едноседмична конференция.

Един от организаторите е Хайзенберг, който продължава да се измъчва с уравнението на Дирак. Макар Дарвин и други да са показали, че уравнението прекрасно възпроизвежда формулите за енергетичните нива на атомния водород, Хайзенберг не желае да се помири със следващото от уравнението абсурдно предсказание, че един свободен електрон може да има отрицателна енергия. Дирак ясно разбира, че върху него пада бремето да докаже, че теорията му е нещо повече от един красив мираж.

След конференцията Дирак отива заедно с Там в Гьотинген. Сближава се с двама гостуващи, които vyplъщават представата му за екстревърт и интроверт и по-късно ще го доведат до първите му близки връзки с жени на неговата възраст. На полюса на буйния нрав е Георги Гамов, руски теоретик с две години по-млад от Дирак. Наричан по различен начин – Джордж, Джони, Джи-Джи и (от Бор) Джо, – този 110-килограмов гигант, висок малко под 2 м, е пълна противоположност на Дирак: словоохотлив, страстен пушач и пияч, неуморим шегаджия. Неотдавна той става известен с това, че пръв прилага квантовата механика, за да обясни радиоактивния разпад с излъчване на алфа-частица от определени ядра (невъзможно според класическата механика). Като теоретици Гамов и Дирак са твърде различни – единият търси основни принципи, а другият ги прилага, – но двамата много си допаднат и често обядват заедно. Дирак безизразно слуша разказите на новия си приятел (как изучавал Евклидовата геометрия под артилерийски обстрел и други такива), повечето от които твърде картинни, макар и недотам исторически верни.

На другия полюс като характер е Юджийн Уигнър, пристигнал наскоро в Гьотинген, след като години наред е бил заедно с Айнщайн в Берлин. Издънка на богато еврейско семейство, Уигнър и двете му сестри в младежките си години живеели в Будапеща, заобиколени от аристократична обстановка. За разлика от Дирак, младият Уигнър храни жив интерес към политиката, особено след кървавата болшевишка революция на Бела Кун и терора на антисемитските сили. Въпреки всички политически трусове Уигнър имал прекрасно образование по математика и физика, по-добро даже от това на Дирак. Историците все още гадаят как Будапеща от началото на 20 в. създава толкова много забележителни учени, включително Джон фон Нойман, когото Дирак по-късно ще посочи като най-бележит математик на света, а така също приятелите на Уигнър, Лео Сцилард и Едуард Телър, допринесли много за създаването на първото ядрено оръжие.

Уигнър бил един от най-стеснителните и затворени квантови физици, но в сравнение с Дирак бил самата общителност. Често вечеряли заедно, но отначало трудно се договорили за езика, на който да общуват: Уигнър предпочитал френски и немски, а английският му бил много слаб. Накрая вероятно са се спрели на немския. Дирак с охота слушал разказите от житейската история на Уигнър, но веднага станало ясно, че когато става дума за физиката, той не желае да споделя мислите и идеите си.

В края на юли 1928 Дирак се подготвя за своето първо пътуване в Русия – двумесечен престой, в който ще съчетава изнасянето на лекции с удоволствието да релаксира в компанията на Капица. Майка му тревожно го предупреждава за растящите репресии

при Сталиновия режим (британското правителство не признава Съветския Съюз и дипломатически отношения между двете страни са установени едва през 1929). Дирак обаче, след пристигането си в Ленинград на 5 август, е във възторг от видяното там и пише на Там: “Ленинград е много красиво място, а най-силно ме впечатли пътуването с параход по реката, както и черквите с позлатените кубета...”

В Москва Дирак е гостенин на Конгреса на руските физици; от 120 участници около 20 са чужденци. Руснаците желаят да научат повече за квантовата механика от водещи западни учени. Дирак е звездата на конгреса. На параход по Волга до Сталинград Дирак изнася лекция върху своята теория на електрона. Той се запознава с водещи съветски физици, между които е неговият горещ почитател Лев Ландау – двадесетгодишен докторант, който скоро ще заеме челното място в теоретичната физика на страната си. Много висок и много слаб, с буен къдрав перчем, той като критик е толкова агресивен, че спрямо него Паули изглежда като кротко агне, а като колега е така труден, че в сравнение с него Дирак изглежда направо приветлив.

Когато се завръща в Кеймбридж през октомври 1928, Дирак, по неписъщ за него начин, се залавя едновременно с три проекта: теорията на дупките, монографията по квантова механика и любимата му тема за връзката между класическата и квантовата механика. По третата тема Дирак развива идеите на Фон Нойман за статистическо описание на голям брой невзаимодействащи квантови частици, като разкрива пълната аналогия между класическото и квантовото разбиране за ансамбъл от частици.

В края на учебния срок, през март 1929, Дирак се подготвя за нещо, което се превръща в негов ритуал – дълго пътуване с кораб и първо посещение на Съединените Американски Щати. Придружава го Хенри, синът на Изабел Уайтхед.

Глава 13

Още със стъпването си на американска земя Дирак посещава лабораторията на Дейвисън, разположена в южен Манхатън. Две години по-рано Клинтън Дейвисън заедно със своя студент Лестър Джърмър показва експериментално, че, както твърди квантовата теория, с електрона действително е свързана вълна: сноп електрони претърпява дифракция при преминаване през кристал на никел. Физиците нямат друг избор освен да заключат, че електронът (а и всяка друга микрочастица) понякога се проявява като частица, а друг път – като вълна.

След това символично посещение Дирак бързо се отправя на петмесечно пътешествие през Северна Америка. Посещава за кратко Принстън и Чикаго, отива в Медисън, столицата на щата Уисконсин, Минесота, където в университета работи Джон ван Флек, известен с успешните си приложения на квантовата механика³. Ван Флек е идеалният компаньон за екскурзии около града – страстен турист, мълчалив, голям любител на пътуването с влак (знаел наизуст разписанията на всички пътнически влакове в Европа и в Съединените щати).

След серия от лекции по квантова механика в Айова и Мичиган Дирак посещава

Великия каньон, парка Йосемити, канадските Скалисти планини... При престоя си в Калифорнийския технологичен институт (Калтех) посещава обсерваторията Маунт Уилсън, забележителна с най-големия в света телескоп и редица важни открития.

В Калифорнийския университет в Бъркли Дирак се засича с Хайзенберг и всеки от тях изнася серия от лекции в отдела на Опенхаймер. След това двамата се отправят от Сан Франциско на двуседмично пътешествие с кораб до Япония. Би могло да се предположи, че са имали идеалната възможност да си сътрудничат. Но Дирак мисли другояче. Неговият девиз е: “Всеки да работи върху собствените си проблеми”.

В Япония двамата учени са приети като герои. Водещите физици на страната се надпреварват да слушат лекциите им, а текстовете на лекциите бързо са преведени на японски и са публикувани, като се превръщат в библия на квантовата механика за следващото поколение от японски физици⁴. Едва двадесет и седемгодишни, Дирак и Хайзенберг вече подготвят свои последователи.

През октомври, при завръщането си за новия учебен срок, Дирак отново се замисля над проблема за електроните с отрицателна енергия. Повечето физици гледат да се отърват от тях, но преди няколко месеца шведският физик Ивар Валер е установил, че те са необходими за теорията. Анализирайки разсейването на фотон от стационарен електрон, той получава странен резултат: теорията на Дирак е в състояние да възпроизведе успешното класическо предсказание за ниски енергии само ако електронът има достъп до състояния с отрицателна енергия. За Дирак изводът е един: неговото уравнение ще оцелее само ако се изясни какво представляват електроните с отрицателна енергия. И той отново се залавя за проблема.

Към края на октомври от Ню Йорк пристигат първите тревожни новини за настъпващата глобална икономическа катастрофа. Дирак следи новините, но вниманието му е погълнато от загадката на електроните с отрицателна енергия. Защо никой не е наблюдавал прескачане на познатите електрони с положителна енергия в състояния с отрицателна енергия? След няколко седмици той намира отговора. Нека всички електрони във вселената постепенно да запълват енергетичните състояния; състоянията с отрицателна енергия първи ще се запълнят, тъй като техните енергии са по-ниски. Едва след като те бъдат запълнени, електроните ще започнат да заемат състоянията с положителна енергия. А щом като всички състояния с отрицателна енергия са запълнени, няма да има ваканции, в които да прескачат електрони с положителна енергия. Има нещо иронично в това, че в основата на това обяснение стои принципът на Паули – теоретикът, който е най-яръстият критик на Дирак. Този принцип не позволява в дадено състояние да се намира повече от един електрон, така че състоянието с отрицателна енергия не може да се запълва до безкрайност с електрони.

Странният извод е, че цялата вселена ще бъде проникната от безкраен брой електрони с отрицателна енергия, за които можем да си мислим като за своеобразно “море”. Дирак приема, че това море има навсякъде постоянна плътност, така че експериментът може да ни даде само отклоненията от тази идеална однородност. Наблюдаеми ще бъдат само смущенията в Дираковото море – например пукването на мехур. Когато има

незаети състояния в морето от електрони с отрицателна енергия, те ще породят отклонения в иначе идеалната еднородност. Дирак нарича тези незаети състояния “дупки”. Те ще бъдат наблюдаеми само когато са запълнени от обикновен електрон, който при този преход ще излъчи светлина. Така че дупка в морето ще може да се регистрира, когато в нея прескочи електрон с положителна енергия. Но какви са характеристиките на дупките? Те бележат липсата на електрон с отрицателна енергия. В общата схема на “електронното море” *липсата* на отрицателна енергия съответства на *наличието* на положителна енергия. Освен това електронът с отрицателна енергия е отрицателно зареден, така че неговата липса е еквивалентна на наличието на положителен заряд.

Щом дупката има положителна енергия и положителен електричен заряд, тя трябва да е протон – единствената позната по онова време субатомна частица с тези свойства. Но как да си обясним това, че протонът е почти 2000 пъти по-тежък от електрона? Дирак е принуден да признае, че това е “сериозен недостатък” на теорията.

По-късно ще стане ясно, че и други теоретици са имали подобна идея. Но кой би приел, че вселената е пълна с неуловими електрони с отрицателна енергия, безкрайно море от отрицателен електричен заряд? Но в кратката си статия “Теория на електроните и протоните” Дирак с нищо не показва, че допуска неговата идея да бъде посрещната с недоверие. Макар никога да не си признава, че силно се е вълнувал заради своята теория на дупките, той най-вероятно се е боял, че теорията му може да съдържа сериозна самозаблуда. Това чувство сигурно се засилва, когато през ноември получава писмо от Бор, според когото съществуването на отрицателни енергетични нива подрива устоите на цялото схващане за енергия. Според Бор на карта е поставена валидността на квантовата механика и дори самият закон за запазване на енергията.

Дирак му отговаря с писмо, в което се опитва да го успокои и отново привежда своите аргументи в полза на теорията на дупките.

Седмица по-късно Дирак изнася първата си публична лекция за теорията на дупките – Това става в Париж, в института “Анри Поанкаре”. Едва ли се е безпокоил толкова за съдържанието на лекцията, колкото заради това, че е трябвало да я изнесе на френски език. Трябвало да се бори със спомените от детството

Глава 14

На 20 февруари 1930 Дирак праща на родителите си обичайната пощенска картичка, в която единствените новини се отнасят до времето в Кеймбридж. На другия ден след получаването на картичката майка му посещава градската библиотека и с изумление прочита в един вестник, че синът ѝ е избран за член на Кралското общество (Fellow of the Royal Society, FRS) – едно от най-високите академични звания в британската наука. Когато един британски учен може да постави инициалите FRS след своето име, всички други титли и почетни звания стават излишни. По това време в Обществото е имало 447 члена като почетното звание е било присъждано на учени на възраст 40-50 години. Необикновеното при Дирак е било не само това, че той е одобрен още на първите избори, но и това, че е само на двадесет и седем години.

Вероятно като награда за този свой успех Дирак дава 200 паунда и купува първата си кола, способна да достига внушителната тогава скорост от 80 км/ч. Тогава не е имало изпити по кормуване: продавачът направил кратка демонстрационна обиколка из Кеймбридж, след което Дирак можел да се впусне по пътищата. С премахването на ограничението за скорост до 35 км/ч пътищата станали доста опасни, още повече поради присъствието на Дирак. Според коментара на негов колега “Колата на Дирак има само две предавки – задна и максимална”. Подобно на Капица, Дирак бил неукротим шофьор – вероятно не само защото се е справял зле с машината, но и защото практически е липсвал правилник за движението, така че за него липсата на ограничения е означавала свобода да шофира, както му е угодно.

Междувременно Дирак се готви за своето второ пътуване до Съветския съюз, когато прочита във вестниците, че Сталин засилва натиска си върху селячеството за колективизация, а заедно с това засилва преследванията над политическите си опоненти и религиозните малцинства. Дирак обаче не иска да вярва на тези съобщения, иска да види нещата със собствените си очи и отново пренебрегва предупрежденията на майка си да внимава, защото “Тук се разказват ужасяващи истории”.

При пътуването си Дирак изпитва върху себе си строгостта на съветската администрация: по пътя си за Харков той се опитва да премине през границата на място, което не е посочено във визата, получена за него от Там. Граничарите го задържат три денонощия, преди да го пропуснат. Освен това научава, че при повече от месец престой като чужденец не може да носи със себе си на излизане от страната никакви пари. Плановите му за туризъм из Кавказ се провалят и той се завръща в Кеймбридж.

Телеграмата стига до Бор малко след като е получил от Дирак копие от книгата му *Принципи на квантовата механика*. Даже ако името на автора не беше на корицата, личността му веднага би станала ясна на Бор по логическото построяване на темата върху първи принципи, по пълната липса на украшения, на исторически обзор, на философски подправки и на илюстративни пресмятания. В книгата няма и най-слаб намек за емоции, за литературни фигури или за облекчаване на неподготвения читател. За Дирак квантовият свят не прилича на нищо от ежедневието човешки опит и затова би било подвеждащо да се правят сравнения с обичайния опит. Много рядко споменава емпирични факти освен в началото, където описва опит, разкриващ неуспеха на класическата теория при явленията в атомен мащаб. На своите 357 страници *Принципи на квантовата механика* не показва нито една картина, не съдържа цитирана литература, няма предметен указател и не дава никакви препоръки за по-нататъшно четене. Това е личен възглед за квантовата механика, поради което Дирак, който иначе избягва личните местоимения, винаги говори за нея като “моята книга”.

Книгата става каноничен текст по квантова механика. Тя е посрещната възторжено от Едингтън, Паули и Айнщайн (който често се обръщал към нея, когато се натъквал на труден квантов проблем, мърморейки на себе си: “къде е моят Дирак?”).

Дирак обаче продължава да се тревожи за своята теория на дупките. Малцина от физиците вярват на идеята му, че протоните са дупки в морето на отрицателните енергии. Тежък удар на тази идея е нанесен от доказателството на Паули, че дупките имат същата маса като електрона. До същия извод стигат независимо един от друг Опенхаймер и Вайл. Дирак обаче е убеден, че неговото уравнение е правилно, а това, което липсва, е правилното тълкуване на неговата математика.

Глава 15

В началните месеци на 1931 Дирак работи върху своята нова и най-перспективна теория. Това е сериозен пробив в областта на магнетизма. От столетия науката приема, че магнитните полюси вървят само на двойки, наречени северен и южен: щом сме открили единия полюс, другият ще бъде някъде наблизо. Дирак установява, че квантовата теория е съвместима със съществуването на единични магнитни полюси. На своя лекция в клуба на Капица той ги нарича магнони, но по-късно за тях се налага названието “магнитни монополи”.

Идеята му идва случайно, ще сподели по-късно Дирак, когато се опитва да разбере какво ни казват квантовите уравнения не за магнетизма, а за електричния заряд. Американският експериментатор Робърт Миликън беше показал, че този заряд съществува само в дискретни количества, винаги цели кратни на електронния заряд, означаван обикновено с e . Дирак търси отговор на въпроса: защо електричният заряд винаги е в дискретни количества?

Първоначално той работи по традиционния начин с квантовата механика и уравненията на Максвел за електромагнетизма. Но после, подобно на джазов музикант, който развива две преплитачи се мелодии, започва солово изпълнение, което го довежда до монопола. Представа магнитните силови линии, завършващи върху квантова частица, точно както магнитни стърготини се подреждат от единия до другия полюс на магнитна пръчка. Пита се: ако квантовата механика и уравненията на Максвел са верни, какво бихме казали за магнитното поле, свързано с квантова частица? Без да внася изменения в принципите на квантовата теория, той стига до нова връзка между електричеството и магнетизма – уравнение, което съотнася най-малкия електричен заряд с възможно най-слабия магнитен заряд. Полученото уравнение го извежда до някои стъписващи изводи. Първо, силата на магнитното поле на един монопол е квантувана – тя може да притежава само някои позволени стойности, цяло число кратни на една минимална величина, чиято стойност той с леснота изчислява. Оказва се, че два монопола с противоположен знак трудно могат да бъдат разделени – силата, която ги свързва, е почти пет хиляди пъти по-голяма от силата на привличане между електрон и протон. Дирак допуска, че вероятно това е причината магнитните полюси с противоположни знаци никога да не са били разделени и затова да съществуват на двойки.

Неговото второ заключение е още по-изненадващо: ако къде да е във вселената бъде наблюдаван поне един монопол, това би обяснило защо *електричният заряд* е

квантуван – въпросът, от който Дирак изхожда. След като се убеждава, че в изчисленията му няма грешка, той идва до дръзки извод: ако някога бъде наблюдаван поне един монопол къде да е във вселената, новата теория ще може да обясни защо природата е предпочела да съдържа електричния заряд *само* в дискретни количества.

Теорията на Дирак не гарантира съществуването на монополи, но показва, че квантовата механика може да описва такива частици, *ако* те съществуват в природата. Столетия по-рано други учени са предполагали, че монополите биха могли да съществуват, но това са били само догадки без логически основания. Дирак пръв посочва ясни аргументи *защо* такива частици биха могли да се наблюдават. Възможно е да е смятал, че идеята е твърде красива, за да е грешна, но заключението му е много по-сдържано: “би било учудващо, ако Природата не се е възползвала от това”. Той не известява съществуването на нова частица, макар да споменава, че вече не вярва в съществуването на само две фундаментални частици – електрон и протон. Още през 1920 Ръдърфорд е допуснал съществуването на неутрон в атомното ядро, а Дирак в увода към статията си изказва предположението, че протонът е дупка в морето от електрони с отрицателна енергия. Тъй като Опенхаймер и Вайл (той не споменава Паули) са го убедили, че дупката трябва да има точно същата маса като електрона, той пише: “Дупката, ако такава съществува, трябва да е нов вид частица, имаща същата маса като електрона и обратен на неговия заряд. Можем да наречем тази частица анти-протон”.

Дирак отново е изненадващо сдържан. Но наред с това дава радикално нова интерпретация на протоните: те нямат нищо общо с електроните, а имат свои собствени състояния с отрицателна енергия “и незаетите състояния се проявяват като анти-протони”. В пасаж от двайсестина реда той предсказва съществуването на анти-електрон и анти-протон.

В началото на май 1931, когато Дирак пише статията си, в Кеймбридж пристига Там за няколко месеца. Лесно е получил разрешение да работи в Обединеното кралство, тъй като в Съветския съюз Дирак е на почит – три месеца по-рано той е избран за чуждестранен член на Съветската академия на науките. Дирак въвежда Там в своята теория на магнитния монопол и му предлага да изчисли енергията и вълновите функции, описващи електрон в близост до монопол. След четири дена напрегната работа резултатите на Там – не така вълнуващи, както е очаквал Дирак, – са включени в общата им статия.

В края на август Дирак гостува в Принстън, където му е отреден кабинет в най-новата сграда на университетския кампус – Файн Хол. Това е сградата на математическия факултет, декорирана с вкус и до последния детайл от принстънския математик Освалд Веблен. В залата за тържествени случаи, по идея на Веблен, върху каменната облицовка на голяма камина е гравирани на немски език Айнщайновият афоризъм: *Raffiniert ist der Herr Gott, aber boshaft ist er nicht* (Господ е лукав, но не е злонамерен).

На 1 октомври в залата на Файн Хол се стичат повечето физици и математици от кампуса. Те имат редкия шанс да видят как две светили на модерната физика – Дирак

и Паули – ще разкажат за предсказваните от тях нови частици – монопола и неутриното. Това е знаменателно събитие, то бележи началото на нова култура във физиката, в която вече теорията върви преди експеримента.

Външният облик и поведението на двамата лектори са в комичен контраст. Дирак е слаб, спокоен и резервиран, с младежки вид, но забележимо прегърбен. Паули, който е само с две години по-възрастен от него, е едър и пълен, тежкоподвижен и изглежда значително по-стар. Идеята на Паули за неутриното – частица без електричен заряд, със същия спин като електрона и с много малка маса – е посрещната с недоверие от физическата общност, а самият Дирак смята, че тя просто е грешна⁵.

След тези лекции Паули се завръща в Европа, а Дирак остава, за да изнесе курс от шест лекции по квантова механика и накрая да представи своята теория на дупките. Тук той е значително по-категорично уверен, че анти-електроните трябва да бъдат наблюдаеми. Според него за целта е необходимо да се наблюдават стълкновения на двойки фотони с много високи енергии. Той обаче не вярва, че това ще бъде възможно в близко бъдеще.

В действителност такава възможност вече съществува в откритите през 1912 космични лъчи⁶, изследвани през изтеклите години от Робърт Миликън и други.

През ноември 1931, на семинар в Кавендиш, Миликън представя последни снимки на космични лъчи, направени от неговия доскорошен аспирант Карл Андерсън в камера на Уилсън. Когато камерата била поставена в силно еднородно магнитно поле, заснетите следи показвали едновременно възникване на две частици – отрицателно зареден електрон и някаква загадъчна положително заредена частица. Следата възниквала при удара на космичен лъч върху атомно ядро в камерата на Уилсън. На семинара в Кавендиш присъствал Блакет (самият Дирак все още бил в Принстън).

Следващата година, 1932, ще се окаже една от най-вълнуващите за Дирак. Тя започва с това, че в Кавендиш Чадуик научава за опитите на френските учени Фредерик и Ирен Кюри: при сблъсъци на хелиеви с берилиеви ядра са излитали частици без електричен заряд. Според двамата Кюри тези частици трябва да са фотони. Но Чадуик е убеден, че това са постоянно изплъзващите се от експеримента неутрони на Ръдърфорд. След три седмици на изнурително търсене Чадуик доказва, че излитащата частица трябва да е неутрон. Статията му, изпратена в *Nature* на 17 февруари, носи предпазливото заглавие “Възможно съществуване на неутрона”.

Това откритие дава нов тласък на разбирането, че нови видове субатомни частици могат да бъдат предсказани, преди да бъдат регистрирани. Та нали и Айнщайн беше предсказал фотона, а Ръдърфорд – неутрона? В крайна сметка защо да не се вземат на сериозно антиелектронът на Дирак и неутриното на Паули?

Глава 16

През април 1932, на Боровата пролетна конференция, на която присъства и Дирак,

всички са възбудени от откритието на Чадуик. С нова сила се е възбудил интересът към атомното ядро, чийто строеж все още е загадка за теоретиките. А пред тях стоят още множество други проблеми, включително положението с квантовата теория на полето, а също с предсказаните антиелектрон, монопол и неутрино – все така спорни и неоткрити. По този повод Бор обичал да казва, че науката често разцъфтява най-бързо тогава, когато е изправена пред проблеми и противоречия; а принстънският физик Джон Уилър веднъж отива дотам, че обявява като девиз на института “Няма прогрес без парадокс”.

Точно три седмици след копенхагенската среща, от Кавендиш пристига новината за друга експериментална сензация: атомът е разцепен. Джон Кокрофт заедно с ирландеца Ърнест Уолтън, специалист по ускорители, построяват най-голямата машина в Кавендиш, с която ускоряват протони през 125 000 волта и ги сблъскват в метална мишена. Техният детектор показва, че ядрото на лития се е разцепило на две ядра на хелий. Така те осъществяват на микроново старата мечта на алхимиците да превърнат един елемент в друг.

По това време Айнщайн е в Кеймбридж, за да изнесе лекция. Когато е поканен да види резултатите на Кокрофт и Уолтън, той със задоволство констатира, че пълната енергия на частиците, участващи в ядрената реакция, се запазва само при условие, че енергията и масата се съотнасят в съгласие с неговото най-прочуто уравнение $E = mc^2$. Това е първото експериментално потвърждение на уравнението.

Триумфите на Кавендиш демонстрират високите качества на експерименталната физика в Кеймбридж, ръководена от Ръдърфорд. На този фон университетските теоретици, ръководени от Лукасовия професор Сър Джозеф Лармор, са смущаващо непродуктивни. Затова никой не е учуден, че с пенсионирането на Лармор, който вече е навършил 75 години, управата посочва за негов наследник Дирак. За Дирак тази катедра, някога оглавявана от Нютон, е не само високо признание, но и сериозно предизвикателство.

В края на юли 1932 Дирак прекарва лятната си ваканция в Пасадина, недалеч от Холивуд в Лос Анжелес, където точно започват Олимпийските игри. Той не подозира, че сагата на антиелектрона се приближава към своето решение по-бързо, отколкото би могъл да се надява. В Калтех, когато повечето учени са излезли във ваканция, Карл Андерсън упорито изследва ефектите на космичните лъчи в своята Уилсънова камера. Най-после получава снимка с единична следа, дълга само 5 сантиметра. Плътността на мехурите около следата като че ли показва, че тя е оставена от електрон, но закривяването на траекторията говори за нещо друго – тя трябва да е оставена от *положително* заредена частица. След многобройни повторения на експеримента той успява да получи още две снимки на тези необикновени следи. След края на Олимпиадата, в началото на есента, Андерсън написва кратко описание на своя опит и го праща в списание *Science*. Подобно на Чадуик при представянето на очевидното откритие на

неутрона, Андерсън е твърде предпазлив и завършва статията с изречението: “Налага се да сметнем, че става дума за положително заредена частица, чиято маса е сравнима с тази на електрона”. Макар от лекциите на Опенхаймер да знае за Дираковата теория на дупките и за ролята на анти-електрона в нея, Андерсън не прави тази връзка – най-вероятно защото вниманието му почти изцяло е било насочено към теорията на неговия шеф Миликън за космичните лъчи.

Обаче един от колегите на Андерсън вижда тази връзка. Рудолф Лангер, математик от Харвард, познава теорията на Дирак за антиелектрона и обсъжда с Андерсън и Миликън новите снимки на космични лъчи. Той праща кратка статия в *Science*, като свързва наблюденията на Андерсън с Дираковите теории. Прави извода, че Андерсън е наблюдавал Дираковия антиелектрон. След което отива по-нататък и прави дръзки предположения за материята: че фотонът е комбинация от обикновен електрон и електрон с отрицателна енергия, че монополът е изграден от положителен и отрицателен монопол и че протонът е съставен от неутрон и положителен електрон. Смелото въображение на статията обаче не е забелязано и не оставя никаква следа.

Година по-рано в Кеймбридж работи “дуото” на Блакет с италианския физик Джузепе Окиалини. Наблюдават космични лъчи с Гайгерови броячи, въведени съвсем неотдавна в Кеймбридж. Към есента на 1932 те стигат до идеята да разположат един Гайгеров брояч над мъглинната камера, а втори под нея, така че камерата се включва при преминаване на космичен лъч едновременно през двата брояча. С тази техника те повтарят откритието на Андерсън и на семинара на Капица докладват в присъствието на Дирак. На закачката на Капица, че Дирак трябва да вложи новооткритите положителни електрони в своята теория, Дирак отговаря: “О, но положителните електрони са в теорията от много отдавна”.

По това време Дирак се занимава не със своята теория на дупките, а с една от любимите си теми: как може квантовата механика да се развие по аналогия с класическата механика. През есента на 1932 той намира друг начин да постигне това, като обобщава свойството на класическата физика, позволяващо да се пресметне траекторията на всяко тяло – независимо от природата на действащите върху него сили. Законите на Нютон биха свършили тази работа и дават същия резултат, но техниката, носеща името на френско-италианския математик Жозеф Луи Лагранж, е по-удобна като практика. Дирак е научил за този метод още като студент – от лекциите на Фаулър, но са нужни шест години, за да узрее семето на тези идеи.

В основата на тази техника лежат две величини: първата, известна като Лагранжиан, е разликата между кинетичната и потенциалната енергия на тялото; втората, така нареченото ‘действие’, свързано с траекторията на тялото, се изчислява като сума от стойностите на Лагранжиана от началото на траекторията до нейния край. В класическата физика траекторията на едно тяло между две точки за който да е конкретен интервал от време не зависи от действащите върху тялото сили и е такава, че

съответства на най-малката стойност на ‘действието’. С други думи природата избира пътя на най-малкото действие. Този метод позволява на физиците да пресмятат пътя, по който се движи произволно тяло – ритнатата топка, луната в орбита около Сатурн, пращинката, издигаща се в комина, – като във всеки случай резултатът е точно същият, който се предсказва от Нютоновите закони.

Дирак смята, че понятието ‘действие’ може да е така важно за квантовия свят на електроните и атомните ядра, както е важно за света на макротелата. Когато обобщава тази идея за квантовата механика, той установява, че за дадена квантова частица е достъпна не само една траектория, а безкраен брой и те са, казано най-просто, групирани около траекторията, предсказвана от класическата механика. Дирак намира също така начин да се определят всички достъпни за частицата траектории и да се изчисли вероятността квантовата частица да се движи от едно място до друго. Той отбелязва също така, че този подход би трябвало да е полезен в релативистичните теории на квантовата механика, защото в него времето и пространството се третират на равни начала – точно както се изисква от теорията на относителността. Дирак маркира възможните приложения на тези идеи в теорията на полето, но както винаги не разглежда конкретни примери – интересуват го принципите, а не изчисленията.

По обичайната си практика Дирак дава статията си за печат в британско списание, *Proceedings of the Royal Society*. Този път обаче решава да демонстрира подкрепата си за съветската физика, като написва заедно с двама руски теоретици развит вариант на статията и я дава за печат в ново съветско списание. А на единия от съавторите⁸ в Русия пише през ноември: “Както изглежда, всички съществени неща в класическия метод могат да се възприемат, възможно в доста изменен вид, в квантовата теория.”

Статията обаче се оказва твърде техническа, твърде абстрактна и затова трудно разбираема за повечето физици, поради което години наред остава на библиотечните рафтове като рядко четен куриоз. Едва десетилетие по-късно неколцина млади теоретици от следващото поколение ще открият, че тази статия съдържа един от най-съкровениите възгледи на Дирак за природата.

През последните месеци на 1932 от Германия идват новини, че Хитлер най-вероятно ще бъде избран за канцлер. Айнщайн, отвратен от политическия климат и от растящия антисемитизъм, емигрира в САЩ и става професор в Принстънския Институт за авангардни изследвания. Борн остава в Гьотинген, където обаче нацистите стават водеща политическа сила. В СССР Сталин демонстрира все по-тежка нетърпимост спрямо академичните свободи. Във Великобритания безработицата взема все по-заплашителни размери. В САЩ Ф.Д. Рузвелт е избран с преобладаващо мнозинство, но страната остава в тежка икономическа стагнация.

В Бристол родителите на Дирак, Чарлз и Фло, временно прекратяват враждите си и семейството прекарва празник, за който Фло ще пише “беше един от най-хубавите ни коледни празници от години насам”. Причината вероятно отчасти се е състояла в това, че Дирак е бил в добро настроение, тъй като новината, която е очаквал в продължение на осемнадесет месеца, току-що е пристигнала.

Бележки на преводача

1. Томас Стърнс Елиот (1888-1965) – британски поет и литературен критик. Нобелова награда (1948) “за изключителен принос към съвременната поезия”.
2. Томас Хенри Хъксли (1825-1895) – английски биолог.
3. Джон ван Флек (1899-1980) – американски физик. Нобелова награда (1977, заедно с Ф. Андерсън и Н. Мот) “за фундаментални теоретични изследвания на електронния строеж на магнитни и неподредени системи”.
4. Това не е първият подвиг на “самураите” от подобен род. През 1922 Айнщайн посещава Япония и тогава за пръв път в света започват да издават (1922-1924) неговите събрани съчинения (макар че през същата година на Айнщайн е присъдена Нобеловата награда, Европа е още много далеч от идеята да публикува събраните му съчинения).
5. Неутриното е открито експериментално едва през 1956.
6. Виктор Хес (1883-1964) – австрийски и американски физик. Нобелова награда (1936) “за откриването на космичните лъчи”.
7. Джеймс Чадуик (1891-1947) – английски физик. Нобелова награда (1935) “за откриването на неутрона”.
8. Писмо до Владимир Фок от 11 ноември 1932. Статията “*Върху квантовата електродинамика*” с автори П. Дирак, В. Фок и Б. Подолски е отпечатана за пръв път в сп. Sov. Phys., 2, 468-479 (1932). По-късно е издадена в сборника: В. А. Фок “*Работы по квантовой теории поля*”, Изд-во Ленингр. У-та, 1957.

(Graham Farmelo. **THE STRANGEST MAN** – *The Hidden Life of Paul Dirac, Quantum Genius*. **Faber and Faber Limited**, London, 2009).

Превод (със съкращения): **М. Бушев**

ТОЗИ ТОМ СЕ ПУБЛИКУВА С ЩЕДРАТА ФИНАНСОВА ПОДКРЕПА НА
ЕВРОПЕЙСКОТО ФИЗИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО

THIS VOLUME IS PUBLISHED WITH THE GENEROUS FINANCIAL SUPPORT OF THE
EUROPEAN PHYSICAL SOCIETY

Нашите автори:

Д. Динев – доц., д-р, ИЯИЯЕ – БАН

Н. Вучков – проф., дфн, ИФТТ – БАН

И. Пенев – доц., д-р ИЯИЯЕ – БАН

Мъри Гел-Ман – проф., Калифорнийския технологичен институт

А. Зевайл – Нобелов лауреат за 1999 г. (химия)

П. Фройнд – проф., Чикагски университет

В книжка 3/2011 г. на “Светът на физиката” четете:

Трагичният и щастлив живот на Ърнест Изинг. Е. З. Мейлихов

Огледалната материя. О. Максименко

Относно възможността за трета революция в астрономията.

Ю.Александров, Я.Тарароев

Наука и лъженаука. В.С.Степин

Най-странният човек: скритите страни от живота на Пол Дирак –
квантовия гений – III част. Г. Фармело

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА 2’2011

THE WORLD OF PHYSICS 2’2011

СЪДЪРЖАНИЕ

CONTENTS

НАУКАТА – Д. Динев – „Екстремна светлина” над Чехия, Унгария и Румъния – М.Бушев – Цунами – М.Н.Дубинин, А.Н.Никитенко – Бозоните на Хигс и обединяването на взаимодействия	THE SCIENCE – D. Dinev – „Extreme light” in Czech Republic, Hungary and Romania 129 – M. Bushev – Tsunami 136 – M. N. Dubinin, A.N. Nikitenko – Higgs bosons and the unification of the interactions 146
ИСТОРИЯ – М. Замфиров, Н. Вучков — нека бъде монохроматична, кохерентна и насочена светлина – II	HISTORY – M. Zamfirov, N. Vuchkov – Let there be intense monochromatic beam of coherent light – II..... 160
ФИЗИКА И ОБЩЕСТВО – А. Зевайл – Как да управляваме правенето на научни открития? – П. Фройнд – Строст за откривателство	PHYSICS AND SOCIETY – A. Zewail – Curiouser and curiouser: managing discovery making 179 – P. Freund – A passion for discovery 182
ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ – А. Георгиева и Е. Вълчева, XXXIX Национална конференция по въпроси на обучението по физика, „Атомната и ядрената физика в образованието” – За академик Матей Матеев човека, учения, преподавателя, общественика	PHYSICS AND TEACHING – A. Georgieva and E. Vulcheva, XXXIX National conference on Physics teaching, „Atomic and Nuclear Physics in Education” 198 – akad. Matey Mateev ?????????? 202
ДИСКУСИОННО – И. Пенев – Реконструкция, скъпо платена (от бюджета) амбиция, или източване на средства ... – Д. Тонев – Отговор на ИЯИЯЕ	CONTROVERSY – I. Penev – Reconstruction, expensive (for the budget) ambition, or money draining 208 – D. Tonev – INRNE Reply 215
СЪЮЗЕН ЖИВОТ – П. Лазарова – Седми редовен конгрес на Съюза на физиците в България – Приветствено слово на Председателя на БАН, акад. Н. Съботинов	UNION – P. Lazarova – Seventh regular congress of the Bulgarian physicists..... 217 – BAS President, akad. N. Sabotinov, address at the Congress 222
КНИГОПИС – Ш. Дичева-Христозова – „Смях и битие”: Никола Балабанов, “mc2 + усмивка” – М. Замфиров – У. Айзаксън, “Айнщайн. Неговият живот и Вселената”	BIBLIOGRAPHY – Sh. Dicheva-Hristozova – “Humor and realities”: Nikola Balabanov, „mc2 + a smile” 224 M. Zamfirov – ?????????????? 226
PERSONALIA – Н. Стоилова – Академик Чавдар Палев на 75 години	PERSONALIA – N. Stoilova – Acad. Chavdar Palev’s 75 years anniversary 229
IN MEMORIAM – проф. Малина Попова (1922 – 2011)	IN MEMORIAM – prof. Malina Popova (1922 – 2011) 231
ИНТЕРЕСНИ УЕБ СТРАНИЦИ О. Йорданов	INTERESTING WEB PAGES O. Yordanov 232
ЧЕТИВО С ПРОДЪЛЖЕНИЕ – Г. Фармело Най-странния човек: Скрытите страни от живота на Пол Дирак – квантовия гений, II част	SERIAL – G. Farmelo – The Strangest Man: The Hidden Life of Paul Dirac, Mystic of the Atom, part II 234

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

том XXXIV, кн. 2, 2011 г.

Издание на Съюза на физиците в България

http://old.inrne.bas.bg/wop/wop_2_2011/

(със спомоществователството на Българска академия на науките)

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ	EDITORIAL STAFF
ГЛАВЕН РЕДАКТОР Нъшан Ахабабян <ahabab@inrne.bas.bg>	EDITOR-IN-CHIEF Nashan Ahababjan
ЗАМЕСТНИК ГЛАВЕН РЕДАКТОР Михаил Бушев <m_bushev@abv.bg>	VICE EDITOR-IN-CHIEF Michael Bushev
ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР Милен Замфиров <worldofphysics@abv.bg>	EXECUTIVE SECRETARY Milen Zamfirov
ЧЛЕНОВЕ Валери Голев <valgol@phys.uni-sofia.bg> Георги Граховски <grah@inrne.bas.bg> Динко Динев <dinnet@inrne.bas.bg> Людмил Вацкичев <Lyuvats@phys.uni-sofia.bg> Никола Балабанов <Balaban@pu.acad.bg> Олег Йорданов <oleg.yordanov@gmail.com> Светослав Рашев <rashev@issp.bas.bg> Ганка Камишева <gkamish@issp.bas.bg>	MEMBERS Valeri Golev Georgi Grahovski Dinko Dinev Liudmil Vatzkitchev Nicola Balabanov Oleg Yordanov Svetoslav Rashev Ganka Kamisheva
ТЕХНИЧЕСКИ СЕКРЕТАР Снежана Йорданова <upb@phys.uni-sofia.bg>	TECHNICAL SECRETARY Snejana Iordanova
ВОДЕЩ БРОЯ: ????????	
АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА: 1164 София, Бул. Джеймс Баучер № 5	EDITORIAL OFFICE ADDRESS: 5, James Bouchier Blvd, 1164 Sofia
e-mail: worldofphysics@abv.bg	

ПРЕДПЕЧАТНА ПОДГОТОВКА: Д. Денчева

Дадена за печат на 21 юни 2011 г.

ПЕЧАТНИЦА “ГИТАВА” — СПОНСОР НА “СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА”

бул. Цариградско шосе 72

ISSN: 0861–4210